

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-138554

(43)Date of publication of application : 13.05.2004

(51)Int.Cl. G01B 11/00
G03F 7/20
H01L 21/027

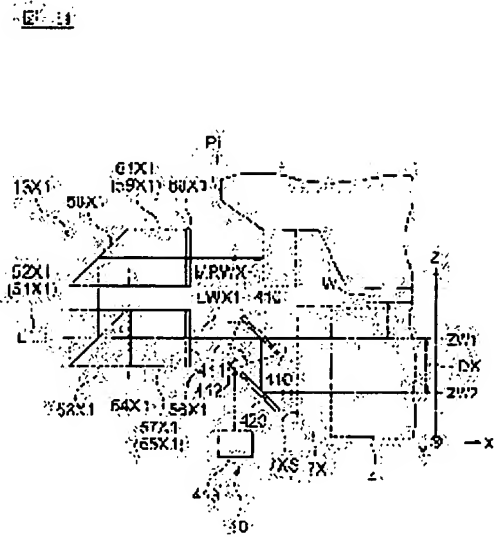
(21)Application number : 2002-304937 (71)Applicant : NIKON CORP
(22)Date of filing : 18.10.2002 (72)Inventor : KAMIYA SABURO
ARAKI YASUO

(54) MEASURING DEVICE AND EXPOSURE DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To measure highly accurately a reflection surface provided on a moving body such as a stage.

SOLUTION: A laser interferometer 13X1 is equipped with an optical path changing device 40 having a movable mirror 410 and a fixed mirror 420. The movable mirror 410 is selectively set by a driving device 413 so as to be positioned on either of a reflecting position arranged in an optical path of a beam LWX1 and a retreating position for retreating to the outside of the optical path of the beam LWX1. The fixed mirror 420 is arranged approximately in parallel with the movable mirror 410 on the reflecting position, and reflects a beam reflected by the movable mirror 410 toward a reflection surface 7XS. Different positions ZW1, ZW2 on the reflection surface 7XS can be selectively irradiated with the beam LWX1 by setting the movable mirror 410 on the reflecting position or on the retreating position by controlling the driving device 413.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-138554

(P2004-138554A)

(43) 公開日 平成16年5月13日(2004.5.13)

(51) Int. Cl.⁷

F 1

テーマコード (参考)

G 0 1 B 11/00

G 0 1 B 11/00

B

2 F 0 6 5

G 0 3 F 7/20

G 0 3 F 7/20

5 2 1

5 F 0 4 6

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 6 B

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 39 頁)

(21) 出願番号

特願2002-304937 (P2002-304937)

(22) 出願日

平成14年10月18日 (2002.10.18)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(74) 代理人 100097180

弁理士 前田 均

(74) 代理人 100099900

弁理士 西出 眞吾

(74) 代理人 100111419

弁理士 大倉 宏一郎

(72) 発明者 神谷 三郎

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 荒木 康雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 計測装置及び露光装置

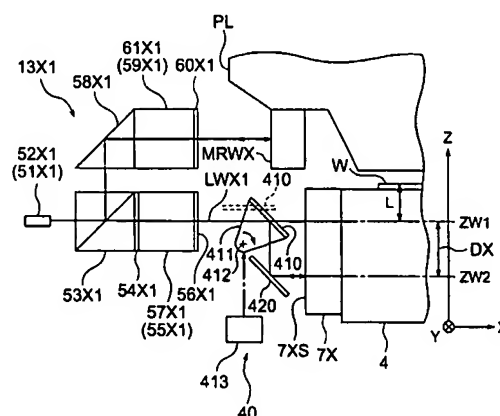
(57) 【要約】

【課題】 ステージ等の移動体に設けられた反射面を高精度で計測できるようにする。

【解決手段】 レーザ干渉計13X1は可動ミラー410及び固定ミラー420を有する光路変更装置40を備えている。可動ミラー410は、駆動装置413により光束LWX1の光路内に配置される反射位置と光束LWX1の光路外に退避される退避位置のいずれかに位置するように選択的に設定される。固定ミラー420は反射位置にあるときの可動ミラー410に対して略平行に配置され、可動ミラー410により反射された光束を反射面7XSに向けて反射する。駆動装置413を制御して可動ミラー410を反射位置又は退避位置に設定することにより、反射面7XS上の異なる位置ZW1、ZW2に選択的に光束LWX1を照射できる。

【選択図】 図14

図 14



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動体に設けられた反射面に向けて光束を照射し、その反射光束を受光することにより、該反射面上の該光束の反射位置における該反射面に略直交する方向の位置を計測する計測装置であって、

第 1 ミラーと、

前記第 1 ミラーを前記光束の光路内の反射位置及び該光束の光路外の退避位置のいずれかに選択的に位置するように挿抜する挿抜装置と、

前記第 1 ミラーが前記反射位置にあるときに、該第 1 ミラーにより反射された光束を前記反射面に向けて反射するように配置された第 2 ミラーとを有する光路変更装置を備えたことを特徴とする計測装置。

10

【請求項 2】

前記挿抜装置は、前記第 1 ミラーを回動させることにより前記反射位置と前記退避位置のいずれかに位置させることを特徴とする請求項 1 に記載の計測装置。

【請求項 3】

前記挿抜装置は、前記第 1 ミラーを前記光束の光路に沿う方向に交差する方向にスライドさせることにより前記反射位置と前記退避位置のいずれかに位置させることを特徴とする請求項 1 に記載の計測装置。

【請求項 4】

前記第 1 ミラー及び前記第 2 ミラーのそれぞれの鏡面は誘電体多層膜で形成されたことを特徴とする請求項 1, 2 又は 3 に記載の計測装置。

20

【請求項 5】

第 1 面の像を第 2 面へ投影露光する露光装置であって、

前記第 1 面にマスクを配置するマスクステージと、

前記第 2 面に基板を配置する基板ステージと、

前記マスクステージ又は前記基板ステージに設けられた反射面に向けて光束を照射し、その反射光束を受光することにより、該反射面上の該光束の反射位置における該反射面に略直交する方向の位置を計測する計測装置とを備え、

前記計測装置は、第 1 ミラー、前記第 1 ミラーを前記光束の光路内の反射位置及び該光束の光路外の退避位置のいずれかに選択的に位置するように挿抜する挿抜装置、及び前記第 1 ミラーが前記反射位置にあるときに、該第 1 ミラーにより反射された光束を前記反射面に向けて反射するように配置された第 2 ミラーを含む光路変更装置を有することを特徴とする露光装置。

30

【請求項 6】

前記挿抜装置は、前記第 1 ミラーを回動させることにより前記反射位置と前記退避位置のいずれかに位置させることを特徴とする請求項 5 に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記挿抜装置は、前記第 1 ミラーを前記光束の光路に沿う方向に交差する方向にスライドさせることにより前記反射位置と前記退避位置のいずれかに位置させることを特徴とする請求項 5 に記載の露光装置。

40

【請求項 8】

前記第 1 ミラー及び前記第 2 ミラーのそれぞれの鏡面は誘電体多層膜で形成されたことを特徴とする請求項 5, 6 又は 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】

請求項 5～8 のいずれか一項に記載の露光装置を用いて製造されたデバイス。

【請求項 10】

請求項 5～8 のいずれか一項に記載の露光装置を用いてマスクのパターンの像を基板に露光転写する工程を含むデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

50

【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶表示素子、半導体集積回路、薄膜磁気ヘッド、その他のマイクロデバイス等を、リソグラフィ技術を用いて製造する際に使用される露光装置、及び該露光装置等に採用されるステージ等の移動体の位置又は該移動体に設けられた反射面の形状を計測する計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、半導体素子、液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程では、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）に形成されたパターンを投影光学系を介してレジスト等が塗布されたウエハ又はガラスプレート等の基板（以下、適宜「基板」又は「ウエハ」という）上に転写する露光装置が用いられている。こうした露光装置としては、いわゆるステッパ等の静止露光型の投影露光装置や、いわゆるスキャニング・ステッパ等の走査露光型の投影露光装置が主として用いられている。これらの種類の投影露光装置では、レチクルに形成されたパターンをウエハ上の複数のショット領域に順次転写する必要から、ウエハを保持して2次元移動可能なウエハステージが設けられている。また、走査露光型の投影露光装置の場合には、レチクルを保持するレチクルステージも走査方向に移動可能となっている。

【0003】

かかる投影露光装置においては、非常に微細な構造を有する回路パターンをウエハに転写するので、ウエハやレチクルの位置制御を高精度に行う必要がある。この高精度な位置制御のため、ウエハステージやレチクルステージの2次元位置が、ウエハステージやレチクルステージに設けられた反射鏡に測長ビームを照射し、その反射光と参照光との干渉光のフリンジパターンあるいは位相差に基づいて高精度に検出されている。

【0004】

以上の2次元位置検出にあたっては、検出点の高さ位置がウエハのレジスト等の塗布面、又はレチクルのパターン形成面の高さ位置と一致することが好ましい。しかし、例えばウエハステージの場合には、投影光学系の高N.A.化に伴い投影光学系とウエハステージとの距離（いわゆるワーキングディスタンス）が狭まくなっており、今や反射鏡をウエハステージ上面に設けることが困難となっている。そこで、反射鏡をウエハステージ側面に設けるとともに、上記の検出点の高さ位置とウエハのレジスト等の表面の高さ位置との不一致にともなって生じる得るいわゆるアッペ誤差を補正することが行われている。

【0005】

また、反射鏡にうねりやねじれがあるとアッペ誤差の補正を正確に行えない場合があるため、反射鏡の鏡面の高さ方向（投影光学系の光軸方向）に位置が異なる2箇所に光束をそれぞれ照射し、反射鏡をこれらの光束に略直交する方向に移動させることにより、当該鏡面の形状を計測し、反射鏡のうねりやねじれにより生じる誤差をさらに補正する技術も提案されている（例えば、国際公開第W000/22376号パンフレット参照）。

【0006】

ここで、ステージの位置計測に一般的に用いられているレーザ干渉計の構成について概説する。レーザ干渉計は、光源、受光器、偏光ビームスプリッタ、測定光束用として、偏光ビームスプリッタ、1/2波長板、1/4波長板、コーナーキューブ（反射プリズム）、参照光束用として反射プリズム、偏光ビームスプリッタ、1/2波長板、1/4波長板、コーナーキューブ（反射プリズム）、参照鏡等を備えて構成されている。

【0007】

光源から出力された互いに周波数（すなわち、波長）が僅かに異なり、偏光方向が直交する第1偏光成分（測定光束）と第2偏光成分（参照光束）とからなるレーザ光束は、前段の偏光ビームスプリッタを介して偏光方向に応じて2光束に分割される。この偏光ビームスプリッタをそのまま透過した光束（測定光束）は、1/2波長板を介することにより偏光方向が90°回転されて後段の偏光ビームスプリッタに入射され、これを透過し、1/4波長板によって円偏光に変換された後、ステージに設けられた反射面に照射される。

【0008】

反射面で反射された光束は、 $1/4$ 波長板によって後段の偏向ビームスプリッタからの射出時の偏光方向に対して 90° 回転された直線偏光に変換された後、後段の偏光ビームスプリッタによって偏向されて、コーナーキューブによって再び後段の偏光ビームスプリッタに戻され、この偏光ビームスプリッタで再び偏向されて、再度、 $1/4$ 波長板によって円偏光に変換された後、反射面に照射される。反射面で再度反射された光束は、 $1/4$ 波長板によって後段の偏光ビームスプリッタからの射出時の偏光方向に対して 90° 回転された直線偏光に変換されて後段の偏光ビームスプリッタをそのまま透過し、 $1/2$ 波長板を介することにより偏光方向が 90° 回転されて前段の偏光ビームスプリッタを透過し、受光器に入射される。

10

【0009】

一方、前段の偏光ビームスプリッタによって偏向された光束（参照光束）は、上記の場合と同様にして、参照光用に設けられた偏向ビームスプリッタ、 $1/4$ 波長板、及びコーナーキューブを介しつつ、投影光学系等に設けられた参照鏡で2度反射された後に、前段の偏光ビームスプリッタまで戻され、ここで反射されて、受光器へ入射される。

【0010】

受光器への入射光束は、上記の測定光束と参照光束との合成光となっており、測定光束と参照光束の偏光方向を同一として干渉させることにより、測定光束と参照光束との光路長差を反映した干渉光を発生させ、その干渉状態を測定する。参照鏡は、投影光学系等に固定されており、光源から該参照鏡を介して受光器に至る参照光束の光路長は不変とみなしてよいので、測定光束と参照光束との干渉状態を測定することにより、反射面上における測定光束の照射点の測長方向（該反射面に直交する方向）の位置を検出することができる。なお、実際には、所定状態（例えば、レチクルアライメント時の状態）においてレーザ干渉計をリセットし、そのリセット状態における反射面上の測定光束の照射点の位置をその座標原点として、位置検出が行われる。

20

【0011】

このような構成のレーザ干渉計を用いて、ステージに設けられた反射鏡のうねりやねじれを計測することもできる。この場合には、反射鏡の高さ方向に異なる2箇所での形状を計測する必要があるから、反射鏡の高さ方向に異なる2箇所のそれぞれに測定光束を照射するために、同様の構成のレーザ干渉計を2セット設けることが考えられるが、構成の複雑化、装置の高コストを招くことになる。そこで、上述の国際公開パンフレットに開示された技術では、測定光束用に設けられた $1/4$ 波長板の後段に、該測定光束の光路に対して進退自在に全反射プリズムとしての菱形プリズムを設け、該光路中に該プリズムを配置しない状態での測定光束の照射位置に対して、該光路中に該プリズムを配置した状態での測定光束の照射位置を高さ方向に異ならせるようにしている。

30

【0012】

【特許文献1】

国際公開第W000/22376号パンフレット

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

40

しかしながら、光路変更板としての菱形プリズムを測定光束の光路中に配置した状態において、 $1/4$ 波長板から射出され、該菱形プリズムに入射される測定光束は円偏光であるが、この円偏光が該菱形プリズムを通過する間に、偏光特性が円偏光から楕円偏光に変わってしまい、反射鏡で反射された測定光束が再度 $1/4$ 波長板に入射されて直線偏光に変換される際に、該 $1/4$ 波長板により円偏光に変換される前の直線偏光の偏光方向（偏光方位）に対して正確に 90° とならない場合がある。そして、測定光束は光源から射出されて受光器に戻るまでには、該菱形プリズムを複数回通過するので、その分だけ誤差が蓄積され、他の偏光成分が混入してしまったり、あるいは偏光ビームスプリッタを通過する際に減衰を発生し、精度の良い計測が行えない場合があるという問題があった。

【0014】

50

プリズムはその性質上、光束がプリズムと外界との境界面及びプリズム内部を通過するので、偏光特性の変化は専らその製造精度に依存しており、偏光特性の変化を抑制するための対策についての自由度が小さい。

【0015】

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、ステージ等の移動体に設けられた反射面を高精度で計測できるようにし、当該ステージ等の位置の制御を精度良く行えるようにすることである。

【0016】

【課題を解決するための手段】

以下、この項に示す説明では、本発明を、実施形態を表す図面に示す部材符号に対応付けて説明するが、本発明の各構成要件は、これら部材符号を付した図面に示す部材に限定されるものではない。

【0017】

(1) 構成

本発明の第1の観点によると、移動体(4)に設けられた反射面(7XS)に向けて光束(LWX1)を照射し、その反射光束を受光することにより、該反射面上の該光束の反射位置における該反射面に略直交する方向(X)の位置を計測する計測装置(13X1)であって、第1ミラー(410)と、前記第1ミラーを前記光束の光路内の反射位置及び該光束の光路外の退避位置のいずれかに選択的に位置するように挿抜する挿抜装置(411, 413)と、前記第1ミラーが前記反射位置にあるときに、該第1ミラーにより反射された光束を前記反射面に向けて反射するように配置された第2ミラー(420)とを有する光路変更装置(40)を備えた計測装置が提供される。

【0018】

前記挿抜装置としては、前記第1ミラーを回動させることにより前記反射位置と前記退避位置のいずれかに位置させるもの、又は前記第1ミラーを前記光束の光路に沿う方向に交差(例えば、直交)する方向にスライドさせることにより前記反射位置と前記退避位置のいずれかに位置させるものを採用することができる。

【0019】

前記第1ミラー及び前記第2ミラーのそれぞれの鏡面は誘電体多層膜で形成されることが望ましい。

【0020】

本発明の第2の観点によると、第1面の像を第2面へ投影露光する露光装置であって、前記第1面にマスク(R)を配置するマスクステージ(11)と、前記第2面に基板(W)を配置する基板ステージ(4)と、前記マスクステージ又は前記基板ステージに設けられた反射面(7XS)に向けて光束(LWX1)を照射し、その反射光束を受光することにより、該反射面上の該光束の反射位置における該反射面に略直交する方向(X)の位置を計測する計測装置(13X1)とを備え、前記計測装置は、第1ミラー(410)、前記第1ミラーを前記光束の光路内の反射位置及び該光束の光路外の退避位置のいずれかに選択的に位置するように挿抜する挿抜装置(411, 413)、及び前記第1ミラーが前記反射位置にあるときに、該第1ミラーにより反射された光束を前記反射面に向けて反射するように配置された第2ミラー(420)を含む光路変更装置(40)を有する露光装置が提供される。

【0021】

前記挿抜装置としては、前記第1ミラーを回動させることにより前記反射位置と前記退避位置のいずれかに位置させるもの、又は前記第1ミラーを前記光束の光路に沿う方向に交差(例えば、直交)する方向にスライドさせることにより前記反射位置と前記退避位置のいずれかに位置させるものを採用することができる。

【0022】

前記第1ミラー及び前記第2ミラーのそれぞれの鏡面は誘電体多層膜で形成されることが望ましい。

10

20

30

40

50

【0023】

本発明の第3の観点によると、本発明の第2の観点に係る露光装置を用いて製造されたデバイスが提供される。

【0024】

本発明の第4の観点によると、本発明の第2の観点に係る露光装置を用いてマスクのパターンの像を基板に露光転写する工程を含むデバイスの製造方法が提供される。

【0025】

(2) 作用

本発明によると、光路変更装置として、上述した第1ミラー及び第2ミラーを有するものを採用したので、それぞれのミラーの反射コートとして、誘電体多層膜を用いることができ、当該多層膜の積層数、各膜の材料や膜厚等を適宜に調整することにより反射偏光特性を良好にすることができる。従って、従来のプリズム型の光路変更板（菱形プリズム）等と比較して、測定対象としての反射面の形状をより正確に計測することができるので、その計測結果を用いてアップ誤差の補正等を実施することにより移動体の位置制御を精度良く行うことができるようになる。これにより、例えば、露光装置のマスクステージや基板ステージに適用した場合には、これらのステージの位置の制御を精度良く行うことができるので、高品質で良好な特性を有する電子デバイス等を製造することができるようになる。

10

【0026】

また、第1ミラーのみを移動させることにより、測定対象としての反射面の投影光学系の光軸方向に位置の異なる2箇所それぞれの位置を計測することができるので、従来のようにプリズムの全体を移動するものと比較して、駆動機構等として簡略なものを採用することができ、構成の簡易化、低コスト化を図ることもできる。

20

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を、図1～図18を参照しつつ説明する。

【0028】

図1には、一実施形態に係る露光装置100の概略構成が示されている。この露光装置100は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置である。この露光装置100は、マスクとしてのレチクルR上のスリット状（矩形状又は円弧状）の照明領域を均一に照明する不図示の照明系と、レチクルを保持するマスクステージとしてのレチクルステージRSTと、レチクルRのパターンをその表面にフォトリソが塗布された基板としてのウエハW上に投影する投影光学系PLと、ウエハWを保持する基板テーブル4を含むウエハステージ装置及びこれらの制御系とを備えている。

30

【0029】

前記照明系は、光源ユニット、オプティカル・インテグレータを含む照度均一化光学系、ビームスプリッタ、集光レンズ系、レチクルブラインド、及び結像レンズ系等（いずれも不図示）から構成されている。この照明系の構成等については、例えば特開平9-320956に開示されている。ここで、光源ユニットとしては、KrFエキシマレーザ光源（発振波長248nm）、ArFエキシマレーザ光源（発振波長193nm）、若しくはF₂レーザ光源（発振波長157nm）、Kr₂（クリプトンダイマ）レーザ光源（発振波長146nm）、Ar₂（アルゴンダイマ）レーザ光源（発振波長126nm）、銅蒸気レーザ光源やYAGレーザの高調波発生装置、又は超高圧水銀ランプ（g線、i線等）等が用いられる。

40

【0030】

前記レチクルステージRSTは、照明光学系の下方に水平に配置されたレチクル支持台9上を所定の走査方向（ここでは、図1における紙面直交方向であるY方向とする）に所定ストロークで移動可能なレチクル走査ステージ10と、このレチクル走査ステージ10上に載置され、該レチクル走査ステージ10に対してX方向、Y方向及びZ軸回りの回転方向（θZ方向）にそれぞれ微小駆動可能なレチクル微動ステージ11とを備えている。こ

50

のレチクル微動ステージ 11 上にレチクル R が真空吸着又は静電吸着等により固定されている。また、レチクル微動ステージ 11 の X 方向、Y 方向及び θ Z 方向の位置は、レチクル支持台 9 上に配置されたレチクルレーザ干渉計（以下、「レチクル干渉計」と呼ぶ）14 によって常時モニタされている。なお、レチクル微動ステージ 11 上には、後述するように、X 軸の反射鏡 21 X 及び 2 個の Y 軸の反射鏡（コーナーキューブ、レトロリフレクタ）21 Y1, 21 Y2 が固定され、これに対応してレチクル干渉計 14 もレーザ干渉計 14 X1, 14 X2, 14 Y1, 14 Y2 から構成されているが（図 11 参照）、図 1 では、これらが代表して反射鏡 21、レチクル干渉計 14 として示されている。なお、レチクルステージ RST は、レチクル R を保持するレチクルテーブルの微動機構（ボイスコイルモータなどのアクチュエータ）が組み込まれた可動体を、例えばリニアモータで走査方向（Y 方向）に一次元駆動する構成でもよい。また、レチクル微動ステージ 11（またはレチクルテーブル）の端面を鏡面加工して反射面（前述の反射鏡 21 X, 21 Y1, 21 Y2 の反射面に相当）として用いてもよい。

10

【0031】

そして、このレチクル干渉計 14 により得られたレチクル微動ステージ 11 の位置情報（又は速度情報）は、装置全体の動作を統轄制御する主制御系 22 に供給されている。主制御系 22 は、レチクル走査ステージ 10 駆動用のリニアモータ、レチクル微動ステージ 11 駆動用のボイスコイルモータ等を含むレチクル駆動装置 25 を介してレチクル走査ステージ 10、及びレチクル微動ステージ 11 の動作を制御する。

【0032】

前記投影光学系 PL としては、ここでは両側テレセントリックで所定の縮小倍率 β （ β は例えば $1/4$, $1/5$ 等）を有する屈折光学系が使用されている。この投影光学系の光軸 AX の方向は、XY 平面に直交する Z 方向とされている。

20

また、投影光学系 PL の Y 方向の側面部には、ウエハ W 上の各ショット領域 SA（図 2 参照）に付設されたアライメントマーク（ウエハマーク）を観察するための画像処理方式のオフ・アクシス・アライメントセンサ（以下、「アライメントセンサ」という）26 が配置されている。このアライメントセンサ 26 の光学系の光軸 FX は、投影光学系の光軸 AX と平行とされている。かかるアライメントセンサ 26 の詳細な構成は、例えば特開平 9-219354 号公報及びこれに対応する米国特許第 5,859,707 号等に開示されている。なお、アライメントセンサ 26 によってマーク検出系が構成されている。

30

【0033】

前記ウエハステージ装置は、投影光学系 PL の下方に配置され、ウエハ支持台 1 上を Y 方向に移動可能なウエハ Y 軸駆動ステージ 2 と、このウエハ Y 軸駆動ステージ 2 上を Y 方向に直交する X 方向（図 1 における紙面左右方向）に移動可能なウエハ X 軸駆動ステージ 3 と、このウエハ X 軸駆動ステージ 3 上に載置され、Z 方向の微動（X 軸回りの回転及び Y 軸回りの回転を含む）及び Z 軸回りの回転が可能な基板テーブル（Z θ 軸駆動ステージ）4 とを備えている。この基板テーブル 4 上にウエハ W が真空吸着、静電吸着等によって保持されている。なお、ウエハステージ装置は基板テーブル 4 の微動機構（ボイスコイルモータなどのアクチュエータ）が組み込まれた可動体を、例えばリニアモータなどで二次元駆動する構成でもよいし、その微動機構によって基板テーブル 4 を X 方向及び Y 方向にそれぞれ微動可能としてもよい。

40

【0034】

また、基板テーブル 4 側面には反射鏡 7 が設けられており、外部に配置されたウエハレーザ干渉計（以下、「ウエハ干渉計」と呼ぶ）13 により、基板テーブル 4（ウエハ W）の X 方向、Y 方向及び Z 軸回りの回転方向（ θ Z 方向）の位置がモニタされ、ウエハ干渉計 13 により得られた位置情報も主制御系 22 に供給されている。なお、基板テーブル 4 側面には、後述するように、X 軸の反射鏡 7 X と Y 軸の反射鏡 7 Y とが固定されているが（図 2 参照）、図 1 では反射鏡 7 X, 7 Y が代表して反射鏡 7 として示されている。また、ウエハ干渉計 13 は、基板テーブル 4 の XY 位置を検出するために反射鏡 7 X, 7 Y に対して各 2 軸のレーザビームを投射する二次元位置検出系としてのレーザ干渉計 13 X1,

50

1 3 X 2, 1 3 Y 1, 1 3 Y 2, 1 3 F X、並びに基板テーブル 4 の X 軸に対する傾き (Y 軸回りの回転角) 及び基板テーブル 4 の Y 軸に対する傾き (X 軸回りの回転角) を検出するために反射鏡 7 X、7 Y に対して各 2 軸のレーザビームを投射するチルト検出系としてのレーザ干渉計 1 3 X P, 1 3 Y P, 1 3 F P から構成されているが (図 2 参照)、これらのレーザ干渉計が図 1 では代表してウエハ干渉計 1 3 として示されている。

【0035】

なお、投影光学系 P L の鏡筒には、前記レチクル干渉計 1 4 が参照光束を照射するレチクル参照鏡 (不図示) 及び前記ウエハ干渉計 1 3 が参照光束を照射するウエハ参照鏡 M R W が固定されている。なお、ウエハ参照鏡 M R W は、前記レーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2 が参照光束を照射する X 軸ウエハ参照鏡 M R W X (図 3 参照) 及び前記レーザ干渉計 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 が参照光束を照射する Y 軸ウエハ参照鏡 (不図示) から構成されているが、図 1 では X 軸ウエハ参照鏡 M R W X 及び Y 軸ウエハ参照鏡がウエハ参照鏡 M R W として示されている。また、レチクル参照鏡もウエハ参照鏡と同様に、前記レーザ干渉計 1 4 X 1, 1 4 X 2 が参照光束を照射する X 軸レチクル参照鏡及び前記レーザ干渉計 1 4 Y 1, 1 4 Y 2 が参照光束を照射する Y 軸レチクル参照鏡 (いずれも不図示) から構成されている。

【0036】

また、アライメントセンサ 2 6 には、レーザ干渉計 1 3 F X が参照光束を照射するアライメント参照鏡 (不図示) が固定されている。

【0037】

更に、図 1 の装置 1 0 0 には、送光系 2 8 及び受光系 2 9 から構成され、投影光学系 P L に関してレチクル R 上の照明領域と共役なウエハ W 上の被露光領域 3 4 の内部及びその近傍に設定される複数の検出点でそれぞれウエハ表面の Z 方向 (光軸 A X 方向) 位置を検出するための斜入射光式のフォーカス検出系 (焦点検出系) の一つであるレベリング検出系としての多点フォーカス位置検出系が設けられている。この多点フォーカス位置検出系 (2 8, 2 9) の詳細な構成等については、例えば特開平 6-2 8 3 4 0 3 号公報及びこれに対応する米国特許第 5, 4 4 8, 3 3 2 号等に開示されている。

【0038】

上記の多点フォーカス位置検出系 (2 8, 2 9) からの Z 方向位置情報は、主制御系 2 2 に供給される。そして、主制御系 2 2 は、ウエハ干渉系 1 3 及び多点フォーカス位置検出系 (2 8, 2 9) から供給された位置情報に基づいて、ウエハ Y 軸駆動ステージ 2 駆動用のリニアモータ、ウエハ X 軸駆動ステージ 3 駆動用リニアモータ、基板テーブル 4 駆動用のボイスコイルモータ等を含むウエハ駆動装置 2 4 を介してウエハ Y 軸駆動ステージ 2、ウエハ X 軸駆動ステージ 3、及び基板テーブル 4 の動作を制御することにより、ウエハ W を X Y Z の各軸方向及び X Y Z の各軸回り方向に位置制御する。

【0039】

なお、ウエハステージ装置をウエハ支持台 1 と基板テーブル 4 とから構成し、ウエハ駆動装置 2 4 が平面型モータを含む構成とすることも可能である。

また、基板テーブル 4 上のウエハ W の近傍には、基準マーク板 6 が固定されている。この基準マーク板 6 の表面は、ウエハ W の表面と同じ高さに設定され、この表面には後述するアライメント用の基準マーク等の各種の基準マークが形成されている。

【0040】

また、レチクル R の図 1 における上方には、1 対のレチクルアライメント系 1 9 及び 2 0 が配置されている。これらのレチクルアライメント系 1 9, 2 0 は、ここでは図示を省略したが、それぞれ露光光 E L と同じ波長の照明光にて検出対象のマークを照明するための落射照明系と、その検出対象のマークの像を撮像するためのアライメント顕微鏡とを含んで構成されている。アライメント顕微鏡は、結像光学系と撮像素子とを含んでいる。この場合、レチクル R からの検出光をそれぞれレチクルアライメント系 1 9 及び 2 0 に導くための偏向ミラー 1 5 及び 1 6 が移動自在に配置されており、露光シーケンスが開始されると、主制御系 2 2 からの指令により、駆動装置 1 7 及び 1 8 により偏向ミラー 1 5 及び 1

10

20

30

40

50

6はそれぞれレチクルアライメント系19, 20と一体的に露光光E Lの光路外に退避される。

【0041】

更に、図1の装置は、レーザ干渉計13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2の反射鏡7X, 7Yへの照射光束の光路を変更するための光路変更装置40を有している。この光路変更装置40については後述する。

【0042】

また、前記主制御系22は、マイクロコンピュータ又はワークステーション等から構成されており、装置全体を統括的に制御する。例えば、走査露光時には、この主制御系22は、レチクル駆動装置25、ウエハ駆動装置24をそれぞれ制御し、露光光E Lの照明領域
10
に対して、ウエハWを図1の紙面と直交する+Y方向（又は-Y方向）に一定速度Vで走査すると同期して、レチクルRを-Y方向（又は+Y方向）に一定速度V/βで走査するように制御する。この主制御系22には、オペレータが各種コマンド等を入力するための入力装置23が接続されている。また、本実施形態では、この主制御系22には、基板テーブル4に設けられた反射鏡7（実際には、反射鏡7X及び反射鏡7Y：図2参照）の形状情報データ27aを含む動作パラメータが記憶された記憶装置27が併設されている。

【0043】

次に、図2～図11を参照してレチクルステージRST側のレチクル干渉計14、及びウエハステージ装置側のウエハ干渉計13の構成等について説明する。
20

【0044】

図2には基板テーブル4周辺の平面図が示されている。この図2に示されるように、基板テーブル4上のウエハWの近傍に基準マーク板6が固定されている。基準マーク板6上には、レチクルRのアライメント用の1組の基準マーク30A, 30B, 30C, 30D, 30E, 30F及び不図示のベースライン計測用マークが形成されている。

【0045】

また、基板テーブル4の-X方向、+Y方向の端部側面にY方向に延びたX軸の反射鏡7X、X方向に延びたY軸の反射鏡7Yがそれぞれ固定されている。また、ウエハW上のスリット状の被露光領域34にレチクルRのパターンの一部の像が投影され、X方向に関する被露光領域34の両端部に所定間隔で図1のレチクルアライメント系19, 20の観察領域が設定されている。
30

【0046】

反射鏡7Xには、Y軸方向に沿って距離L11を隔てて並べられ、X軸に平行なレーザビームLWX1及びLWX2が照射されている。また、Z軸方向に沿って距離DX（図8参照）を隔てて並べられ、X軸に平行な1対のレーザビームLWX Pが照射されている。なお、レーザビームLWX1, LWX2は、X軸に平行で且つ投影光学系PLの光軸AXを通る軸XWAに対してY軸方向に振り分けられている。

【0047】

さらに、反射鏡7Xには、X軸に平行なレーザビームLFXが照射され、また、上記のレーザビームLWX Pと同様にZ軸方向に沿って距離DXを隔てて並べられ、X軸に平行な
40
1対のレーザビームLFX Pが照射されている。なお、レーザビームLFXは、X軸に平行で且つアライメントセンサ26の光軸FXを通る軸XFAに沿って反射鏡7Xに照射されている。

【0048】

レーザビームLWX1, LWX2, LWX P, LFX, LFX Pのそれぞれは、図2に示されるレーザ干渉計13X1, 13X2, 13X P, 13FX, 13F Pから供給される。これらのレーザ干渉計13X1, 13X2, 13X P, 13FX, 13F Pについて、図3～図10を参照して説明する。

【0049】

前記レーザ干渉計13X1は、図3に示されるように、光源51X1、受光器52X1、
50

偏光ビームスプリッタ 5 3 X 1、1/2 波長板 5 4 X 1、偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1、1/4 波長板 5 6 X 1、反射プリズム（コーナーキューブ）5 7 X 1、並びに反射プリズム 5 8 X 1、偏光ビームスプリッタ 5 9 X 1、1/4 波長板 6 0 X 1、反射プリズム（コーナーキューブ）6 1 X 1 を有している。

【0050】

ここで、レーザ干渉計 1 3 X 1 の作用を説明する。前記レーザ干渉計 1 3 X 1 では、図 3 に示されるように、光源 5 1 X 1 から +X 方向へ進行する光束が射出される。ここで、光源 5 1 X 1 は、例えばゼーマン効果を利用した 2 周波レーザが用いられ、周波数（すなわち、波長）が僅かに異なり、かつ、偏光方向が互いに直交する第 1 偏光成分と第 2 偏光成分とからなるレーザ光束を出力する。なお、第 1 偏光成分が垂直偏光成分（V 偏光）であり、第 2 偏光成分が水平偏光成分（H 偏光）であるとする。

10

【0051】

光源 5 1 X 1 から射出された光束は、図 4 に示されるように、偏光ビームスプリッタ 5 3 X 1 に入射し、偏光方向に応じて 2 光束に分割される。すなわち、光源 5 1 X 1 から射出された第 1 偏光成分から成る光束 L W X 1 は、偏光ビームスプリッタ 5 3 X 1 をそのまま透過して +X 方向に進行し、また、第 2 偏光成分から成る光束 L W X R 1 は、偏光ビームスプリッタ 5 3 X 1 によって偏向されて +Z 方向に進行する。

【0052】

偏光ビームスプリッタ 5 3 X 1 をそのまま透過した光束 L W X 1 は、図 5 に示されるように、1/2 波長板 5 4 X 1 を介することにより偏光方向が 90° 回転されて偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 に入射し、偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 をそのまま透過する。偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 をそのまま透過した光束 L W X 1 は、1/4 波長板 5 6 X 1 によって円偏光に変換された後、Z 位置が Z W 1 で Y 位置が Y W 1 近傍である反射面 7 X S 上の点に入射して反射される。反射面 7 X S で反射された光束 L W X 1 は、1/4 波長板 5 6 X 1 によって先の偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 からの射出時から偏光方向が 90° 回転されて偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 に戻る。そして、光束 L W X 1 は、偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 によって偏向されて、-Y 方向に進行する。

20

【0053】

こうして、-Y 方向に進行した光束 L W X 1 は、コーナーキューブの機能を果たす反射プリズム 5 7 X 1 によって反射され、偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 に再び入射する。そして、反射プリズム 5 7 X 1 から偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 に再入射した光束 L W X 1 は、偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 によって偏向されて +X 方向に進行し、1/4 波長板 5 6 X 1 によって円偏光に変換された後、Z 位置が Z W 1 で Y 位置が Y W 1 近傍である反射面 7 X S 上の点に入射して再度反射される。反射面 7 X S で再度反射された光束 L W X 1 は、1/4 波長板 5 6 X 1 によって先の偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 からの射出時から偏光方向が 90° 回転されて偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 に再度戻り、偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 をそのまま透過する。

30

【0054】

こうして偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 を透過した光束 L W X 1 は、1/2 波長板 5 4 X 1 を介することにより偏光方向が 90° 回転されて偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 に入射した後、偏光ビームスプリッタ 5 5 X 1 を透過し、測定光束として受光器 5 2 X 1 へ向けて進行する。

40

【0055】

一方、偏光ビームスプリッタ 5 3 X 1 によって偏向され、+Z 方向に進行した光束 L W X R 1 は、反射プリズム 5 8 X 1 によって反射されて +X 方向に進行し、偏光ビームスプリッタ 5 9 X 1 に入射する。以後、図 6 に示されるように、上記の図 5 の場合と同様にして、偏光ビームスプリッタ 5 9 X 1、1/4 波長板 6 0 X 1、及び反射プリズム 6 1 X 1 を介しつつ X 軸ウエハ参照鏡 M R W X で 2 度反射された後に、偏光ビームスプリッタ 5 9 X 1 から射出されて反射プリズム 5 8 X 1 に入射する。こうして反射プリズム 5 8 X 1 に入射した光束 L W X R 1 は、反射プリズム 5 8 X 1 で反射されて -Z 方向に進行した後、偏

50

光ビームスプリッタ 53X1 によって偏向されて -X 方向に進行し、上記の光束 LWX1 とほぼ同一の光路上を参照光束として受光器 52X1 へ向かう。

【0056】

すなわち、受光器 52X1 への入射光束は、上記の測定光束 LWX1 と参照光束 LWXR1 との合成光となっている。そして、受光器 52X1 では、測定光束 LWX1 と参照光束 LWXR1 の偏光方向を同一として干渉させることにより、測定光束 LWX1 と参照光束 LWXR1 との光路長差を反映した干渉光を発生させ、その干渉状態を測定する。ところで、X 軸ウエハ参照鏡 MRWX は、投影光学系 PL に固定されており、光源 51X1 から X 軸ウエハ参照鏡 MRWX を介して受光器 52X1 に至る参照光束の光路長は不変とみなしてよいので、被測定光束と参照光束との干渉状態を測定することにより、反射面 7XS 上における測定光束の照射点の測長方向 (X 軸方向) 位置、すなわち X 位置を検出する。なお、実際には、所定状態 (例えば、レチクルアライメント時の状態) においてレーザ干渉計 13X1 をリセットし、そのリセット状態における反射面 7XS 上の測定光束の照射点の X 軸方向位置を X 軸方向の座標原点として、位置検出が行われる。以上のようにして検出された X 位置を、以下「XW1」と表す。

【0057】

図 3 に戻り、前記レーザ干渉計 13X2 は、上記のレーザ干渉計 13X1 に隣接して設けられており、レーザ干渉計 13X1 と同様に構成されている。より具体的には、レーザ干渉計 13X2 では、図 3 に示されるように、レーザ干渉計 13X1 との隣接面を基準として、レーザ干渉計 13X1 の構成要素 51X1 ~ 61X1 に対応する構成要素 51X2 ~ 61X2 が、前記隣接面に対して面对称に配置されている。

【0058】

すなわち、レーザ干渉計 13X2 では、レーザ干渉計 13X1 と同様にして、反射面 7XS に光束 LWX2 が照射され、反射されて受光器 52X2 へ向かう測定光束 (図 5 参照) と、X 軸ウエハ参照鏡 MRWX に光束 LWXR2 が照射され、反射されて受光器 52X2 へ向かう参照光束 (図 6 参照) との干渉状態を測定することにより、反射面 7XS 上における測定光束の照射点の測長方向 (X 軸方向) 位置を検出する。以上のようにして検出された X 位置を、以下「XW2」と表す。

【0059】

前記レーザ干渉計 13XP は、図 7 に示されるように、光源 51XP、受光器 52XP、偏光ビームスプリッタ 53XP、1/2 波長板 54XP、偏光ビームスプリッタ 55XP、1/4 波長板 56XP、反射プリズム (コーナーキューブ) 57XP、並びに反射プリズム 58XP、偏光ビームスプリッタ 59XP、1/4 波長板 60XP、反射プリズム (コーナーキューブ) 61XP を有している。すなわち、レーザ干渉計 13XP は、上記のレーザ干渉計 13X1 と同様の構成要素を有しているが、各構成要素の Z 軸方向の配置位置が異なっている。

【0060】

ここで、レーザ干渉計 13XP の作用を説明する。レーザ干渉計 13XP では、図 7 に示されるように、光源 51XP から +X 方向へ進行する光束が射出される。ここで、光源 51XP は、レーザ干渉計 13X1 における光源 51X1 と同様に、例えばゼーマン効果を利用した 2 周波レーザが用いられており、光束 LWXP として周波数 (すなわち、波長) が僅かに異なり、かつ、偏光方向が互いに直交する第 1 偏光成分と第 2 偏光成分とからなるレーザ光束を出力する。なお、第 1 偏光成分が垂直偏光成分 (V 偏光) であり、第 2 偏光成分が水平偏光成分 (H 偏光) であるとする。

【0061】

光源 51XP から射出された光束は、図 8 に示されるように、偏光ビームスプリッタ 53XP に入射し、偏光方向に応じて 2 光束に分割される。すなわち、光源 51XP から射出された光束の第 1 偏光成分から成る光束 LWXP2 は、偏光ビームスプリッタ 53XP をそのまま透過して +X 方向に進行し、また、第 2 偏光成分から成る光束 LWXP2 は、偏光ビームスプリッタ 53XP によって偏向されて +Z 方向に進行する。

10

20

30

40

50

【0062】

偏光ビームスプリッタ53XPをそのまま透過した光束LWXP2は、図9に示されるように、レーザ干渉計13X1の場合と同様に、1/2波長板54XP、偏光ビームスプリッタ55XP、1/4波長板56XPを順次介した後、Z位置がZW2(=ZW1-DX)、Y位置がYWP近傍である反射面7XS上の点に入射して反射される。反射面7XSで反射された光束LWXP2は、1/4波長板56XP、偏光ビームスプリッタ55XP、反射プリズム57XP、1/4波長板56XPを順次介した後、Z位置がZW2(=ZW1-DX)、Y位置がYWP近傍である反射面7XS上の点に入射して再反射される。反射面7XSで再反射された光束LWXP2は、1/4波長板56XP、偏光ビームスプリッタ55XP、1/2波長板54XP、ビームスプリッタ53XPを順次介した後、第1測定光束として受光器52XPへ向けて進行する。

10

【0063】

一方、偏光ビームスプリッタ53XPによって偏向され、+Z方向に進行した光束LWXP1は、反射プリズム58XPによって反射されて+X方向に進行し、偏向ビームスプリッタ59XPに入射する。以後、図10に示されるように、上記の図9の場合と同様に、偏向ビームスプリッタ59XP、1/4波長板60XP、及び反射プリズム61XPを介しつつ反射面7XSのYZ座標(YWP, ZW1)近傍で2度反射された後に、偏光ビームスプリッタ59XPから射出されて反射プリズム58XPに入射する。こうして反射プリズム58XPに入射した光束LWXP1は、反射プリズム58XPで反射されて-Z方向に進行した後、偏光ビームスプリッタ52XPによって偏向されて-X方向に進行し、上記の第1測定光束とほぼ同一の光路上を第2測定光束として受光器52XPへ向かう。

20

【0064】

すなわち、受光器52XPへの入射光束は、上記の第1測定光束と第2測定光束との合成光となっている。そして、受光器52XPでは、第1測定光束と第2測定光束との偏光方向を同一として干渉させることにより、第1測定光束と第2測定光束との光路長差を反映した干渉光を発生させ、その干渉状態を測定する。この干渉状態の測定により、反射面7XSのY軸回りの回転量が検出される。なお、上記のレーザ干渉計13X1の場合と同様に、実際には、所定状態(例えば、レチクルアライメント時の状態)においてレーザ干渉計13XPをリセットし、そのリセット状態における反射面7XSのY軸回りの回転量を零として、反射面7XSのY軸回りの回転量(ローリング量)検出が行われる。以下、レーザ干渉計13XPによって検出されたチルト情報を、以下「ΔLWXP」と表す。

30

【0065】

なお、レーザビームLWX1、レーザビームLWX2、及びレーザビームLWXP1とは、同一のZ位置ZW1でY軸方向に配列され、図2に示されるようにレーザビームLWX1とレーザビームLWXP1とのY軸方向の間隔がL12とされている。

【0066】

図2に戻り、前記レーザ干渉計13FXは、上述のレーザ干渉計13X1と同様に構成されている。そして、レーザ干渉計13FXでは、レーザ干渉計13X1と同様に、反射面7XSに照射され、反射されて受光器へ向かう測定光束と、X軸ウエハ参照鏡MRWXに照射され、反射されて受光器へ向かう参照光束との干渉状態を測定することにより、反射面7XS上における測定光束の照射点の測長方向(X軸方向)位置を検出する。以上のようにして検出されたX位置を、以下「XF」と表す。

40

【0067】

また、前記レーザ干渉計13FPは、上述のレーザ干渉計13XPと同様に構成されている。そして、レーザ干渉計13FPでは、レーザ干渉計13XPと同様に、反射面7XSに照射され、反射されて受光器へ向かう第1測定光束と第2測定光束との干渉状態を測定することにより、リセット状態における反射面7XSのY軸回りの回転量を零として、反射面7XSのY軸回りの回転量検出が行われる。以下、レーザ干渉計13FPによって検出されたチルト情報を、以下「ΔLFXP」と表す。

50

【0068】

反射鏡7Yには、X軸方向に沿って間隔L21で隔てられ、Y軸に平行なレーザビームLWY1及びLWY2が照射されている。また、Z軸方向に沿って間隔DY（不図示）で隔てられ、X軸に平行な1対のレーザビームLWYPが照射されている。なお、レーザビームLWY1、LWY2は、Y軸に平行で且つ投影光学系PLの光軸AXを通る軸YWAに対してX方向に振り分けられている。

【0069】

レーザビームLWY1、LWY2、LWYPのそれぞれは、図2に示されるレーザ干渉計13Y1、13Y2、13YPから供給されており、レーザ干渉計13Y1、13Y2は、測長方向がY軸方向であり、反射鏡7Y及びY軸ウエハ参照鏡に対向して配置される点を除いて、上述のレーザ干渉計13X1、13X2と同様に構成される。なお、レーザ干渉計13Y1、13Y2によって検出されたY位置を、以下「YW1」、「YW2」と表す。また、前記レーザ干渉計13YPは、測長方向がY軸方向であり、反射鏡7Yに対向して配置される点を除いて、上述のレーザ干渉計13XPと同様に構成される。なお、レーザ干渉計13YPによって検出されたチルト情報（X軸回りの回転量であるピッチング量）を、以下「ΔLWYP」と表す。

【0070】

以上の反射鏡7X、7Yは、ウエハWの走査露光又はステッピング等の位置制御時に、レーザビームLWX1、LWX2、LWXP、LWY1、LWY2、LWYPが外れることが無いように、また、ウエハWのアライメントセンサ26によるアライメント計測時に、レーザビームLFX、LFXP、LWY1、LWY2、LWYPが外れることが無いように十分長く形成されている。

【0071】

上記のレーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2によって、走査露光又はステッピング等の位置制御時における基板テーブル4のXY位置（XW、YW）、ひいてはウエハWのXY位置が検出される。すなわち、レーザ干渉計13X1、13X2によるX位置測定結果XW1、XW2に基づいて、基板テーブル4のX位置XWが、

【0072】

$$XW = (XW1 + XW2) / 2 \quad \cdots (3)$$

によって検出される。また、レーザ干渉計13Y1、13Y2によるY位置測定結果YW1、YW2に基づいて、基板テーブル4のY位置YWが、

$$YW = (YW1 + YW2) / 2 \quad \cdots (4)$$

によって検出される。

【0073】

また、レーザ干渉計13FX、13Y1、13Y2によって、アライメント計測時における基板テーブル4のXY位置（XW（=XF）、YW）、ひいてはウエハWのXY位置が検出される。すなわち、レーザ干渉計13FXによるX位置測定結果XFが、基板テーブル4のX位置XWとして検出される。また、レーザ干渉計13Y1、13Y2によるY位置測定結果YW1、YW2に基づいて、基板テーブル4のY位置YWが検出される。

【0074】

また、測定値XW1、XW2又は測定値YW1、YW2に基づいて、基板テーブル4のヨーイング量（Z軸回りの回転量）θZWが、

$$\theta ZW = (XW1 - XW2) / L11 \quad \cdots (5)$$

または、

$$\theta ZW = (YW1 - YW2) / L21 \quad \cdots (5')$$

によって検出される。すなわち、反射面7XSにおける測定光束LWX1の照射点と測定光束LWX2の照射点との間における反射面7XSのZ軸回りの局所的な回転角、または、反射面7YSにおける測定光束LWY1の照射点と測定光束LWY2の照射点との間における反射面7YSのZ軸回りの局所的な回転角から、基板テーブル4のヨーイング量θZWが検出される。

10

20

30

40

50

【0075】

さらに、測定値 $XW1$ 、 $XW2$ 、 $YW1$ 、 $YW2$ に基づいて、反射鏡 7 X、7 Y のリセット状態からの基板テーブル 4 における直交度誤差変動 $\Delta \omega W$ が、

$$\Delta \omega W = (YW1 - YW2) / L21 - (XW1 - XW2) / L11 \dots (6)$$

によって検出される。すなわち、反射面 7 X S における測定光束 $LWX1$ の照射点と測定光束 $LWX2$ の照射点との間における反射面 7 X S の Z 軸回りの局所的な回転角と、反射面 7 Y S における測定光束 $LWY1$ の照射点と測定光束 $LWY2$ の照射点との間における反射面 7 Y S の Z 軸回りの局所的な回転角との差から、反射鏡 7 X、7 Y のリセット状態からの基板テーブル 4 における直交度誤差変動 $\Delta \omega W$ が検出される。

【0076】

以上のようにして検出される X 座標 XW 及び Y 座標 YW よりなる座標系を、ウエハステージの座標系 (XW 、 YW) と呼ぶ。この座標系 (XW 、 YW) は、リセット状態からの値であり、X 軸及び Y 軸よりなる設計上の理想的な直交座標系とは或る程度異なっているが、所定の条件に較正された後、ウエハ W の移動は較正されたウエハステージの新座標系 (XW 、 YW) に基づいて行われる。

【0077】

図 11 には、レチクル微動ステージ 11 周辺の平面図が示されている。この図 11 に示されるように、レチクル微動ステージ 11 上にレチクル R が保持されている。また、レチクル微動ステージ 11 の +X 方向の端部、及び -Y 方向の端部には Y 方向に延びた X 軸の反射鏡 21 X、コーナーキューブよりなる 2 個の Y 軸の反射鏡 21 Y1、21 Y2 がそれぞれ固定されている。また、レチクル微動ステージ 11 は、主制御系 22 の制御の下で、ボイスコイルモータを駆動源とするアクチュエータ 38 L、38 R によって駆動される。

【0078】

反射鏡 21 X には、Y 軸方向に沿って間隔 $L3$ で隔てられ、X 軸に平行なレーザービーム $LRX1$ 及び $LRX2$ が照射されている。なお、レーザービーム $LRX1$ 、 $LRX2$ は、X 軸に平行で且つそれぞれ投影光学系 PL の光軸 AX を通る軸 XRA に対して Y 軸方向に振り分けられている。また、反射鏡 21 Y1、21 Y2 には、X 軸方向に沿って間隔 $L3$ で隔てられ、Y 軸に平行なレーザービーム $LYY1$ 及び $LYY2$ が照射されている。なお、レーザービーム $LYY1$ 、 $LYY2$ は、Y 軸に平行で且つそれぞれ投影光学系 PL の光軸 AX を通る軸 YRA に対して X 軸方向に振り分けられている。

【0079】

レーザービーム $LRX1$ 、 $LRX2$ 、 $LYY1$ 、 $LYY2$ のそれぞれは、レチクル干渉計 14 X1、14 X2、14 Y1、14 Y2 から供給されている。そして、レチクル微動ステージ 11 の X 位置がレチクル干渉計 14 X1、14 X2 による測定値に基づいて検出され、また、レチクル微動ステージ 11 の Y 位置がレチクル干渉計 14 Y1、14 Y2 による測定値に基づいて検出される。

【0080】

前記レチクル干渉計 14 X1、14 X2 は、反射鏡 21 X 及び X 軸レチクル参照鏡に対向して配置される点を除いて、上述のレーザー干渉計 13 X1、13 X2 と同様に構成される。なお、レチクル干渉計 14 X1、14 X2 によって検出された X 位置を、以下「XR1」、「XR2」と表す。

【0081】

また、前記レチクル干渉計 14 Y1、14 Y2 は、反射鏡 21 Y1、21 Y2 及び Y 軸レチクル参照鏡に対向して配置される点を除いて、上述のレーザー干渉計 13 Y1、13 Y2 と同様に構成される。なお、レチクル干渉計 14 Y1、14 Y2 によって検出された Y 位置を、以下「YR1」、「YR2」と表す。

【0082】

なお、Y 方向の反射鏡 (コーナーキューブ) 21 Y1、21 Y2 で反射されたレーザービーム $LYY1$ 、 $LYY2$ はそれぞれ反射ミラー 14 M1、14 M2 で反射されて戻されており、レチクル微動ステージ 11 が回転してもレーザービームの位置ずれが生じない構成にな

10

20

30

40

50

っている。また、レチクルR上の矩形の照明領域36に露光光ELが照射され、X方向に関する照明領域36の両端にレチクルアライメント系19、20の観察領域が設定されている。なお、照明領域36は、図2のウエハW上の被露光領域34と共役である。また、図11に示されるように、一例としてレチクルRのパターン領域の両側には十字型のアライメントマーク32A~32Fが形成されている。図2の基準マーク板6上の基準マーク30A~30Fをレチクル側に投影したときの各投影像の位置関係は、アライメントマーク32A~32Fの相互の位置関係とほぼ等しい。

【0083】

上記のレーザ干渉計14X1、14X2、14Y1、14Y2によって、レチクル微動ステージ11のXY位置(XR, YR)、ひいてはレチクルRのXY位置が検出される。すなわち、レーザ干渉計14X1、14X2によるX位置測定結果XR1、XR2に基づいて、微動ステージ11のX位置XRが、

$$XR = (XR1 + XR2) / 2 \quad \cdots (7)$$

によって検出される。また、レチクル干渉計14Y1、14Y2によるY位置測定結果YR1、YR2に基づいて、微動ステージ11のY位置YRが、

$$YR = (YR1 + YR2) / 2 \quad \cdots (8)$$

によって検出される。

【0084】

また、測定値XR1、XR2に基づいて、レチクルRのヨーイング量θZRが、

$$\theta ZR = (XR1 - XR2) / L3 \quad \cdots (9)$$

によって検出される。さらに、測定値XR1、XR2、YR1、YR2に基づいて、反射鏡21Xと反射鏡21Y1、21Y2との直交度誤差変動ΔωRが、

$$\Delta \omega R = (YR1 - YR2) / L4 - (XR1 - XR2) / L3 \quad \cdots (10)$$

によって検出される。

【0085】

以上のように検出されるX座標XR及びY座標YRよりなる座標系がレチクルステージの座標系(XR, YR)と呼ばれる。この座標系(XR, YR)は、X軸及びY軸よりなる設計上の理想的な直交座標系とは或る程度異なっている場合があるが、レチクルRはレチクルステージの座標系(XR, YR)に基づいて駆動される。

【0086】

次に、上述の基板テーブル4のXY位置(XW, YW)の補正及びウエハWのXY位置のアップ誤差の補正に使用される、基板テーブル4の側面に設けられた反射鏡7X、7Yの反射面の形状計測について、図12~図16及び図23~図26を参照して説明する。かかる形状計測にあたっては、上述の露光装置100の構成要素の内、主制御系22、レーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2、ウエハ駆動装置24、アライメントセンサ26、及び光路変更装置40等が使用される。すなわち、主制御系22、レーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2、ウエハ駆動装置24、アライメントセンサ26、及び光路変更装置40等から反射鏡7X、7Yの反射面の形状計測装置が構成されている。

【0087】

ここで、光路変更装置40について説明する。図12及び図14においてレーザ干渉計13X1について代表的に示されるように、レーザ干渉計13X1、13X2の測定光束LWX1、LWX2が射出される1/4波長板56X1、56X2の後段には、光路変更装置40が配置されている。なお、同図を参照した以下の説明では、代表的にレーザ干渉計13X1の各構成要素についての符号を付して位置関係等を説明する。

【0088】

光路変更装置40は、可動ミラー(第1ミラー)410及び固定ミラー(第2ミラー)420を備えて構成される。可動ミラー410は、レーザ干渉計13X1の1/4波長板56X1から射出されて反射面7XSに向かう測定光束LWX1の光路に対して、その鏡面が45°の角度をなすように配置される反射位置と、測定光束LWX1の光路外に配置さ

10

20

30

40

50

れる退避位置とで選択的に移動できるように構成されている。

【0089】

すなわち、可動ミラー410は、可動ミラー支持部材411に支持されており、可動ミラー支持部材411は支持軸412を中心に所定の角度範囲（ここでは 45° ）で回転可能な状態で不図示のフレーム（例えば、投影光学系PLが載置される架台）等に支持されている。可動ミラー支持部材411は、エアシリンダ等の駆動装置413により駆動され、駆動装置413は主制御系22から送られる制御信号に基づいて、可動ミラー410が反射位置又は退避位置に設定されるように制御される。なお、図12で実線で示す可動ミラー410の位置、図14で点線で示す可動ミラー410の位置が退避位置であり、図12で点線で示す可動ミラー410の位置、図14で実線で示す可動ミラー410の位置が反

10

【0090】

可動ミラー410が退避位置に設定された状態（図12）では、1/4波長板56X1から射出され、+X方向に向かう測定光束LWX1は、そのまま直進して、反射面7XSのZ方向位置がZW1の位置に照射され、可動ミラー410が反射位置に設定された状態（図14）では、1/4波長板56X1から射出され、+X方向に向かう測定光束LWX1は、可動ミラー410により 90° の角度で-Z方向に向けて全反射される。

【0091】

固定ミラー420は、可動ミラー410が反射位置にあるときに、該可動ミラー410により反射された光束LWX1を反射鏡7Xの反射面7XSに向けて反射するように、反射位置にある可動ミラー410に対して平行な状態で不図示のフレーム（例えば、投影光学系PLが載置される架台）等に固定されている。可動ミラー410により反射されて、-Z方向に進行する測定光束LWX1は、固定ミラー420により+X方向に全反射され、反射面7XSのZ方向位置がZW1から距離DXだけシフトした位置ZW2に照射される（図14参照）。

20

【0092】

図23～図25は光路変更装置40の具体的構成を示す図であり、図23は可動ミラー410が反射位置にあるときを、図24は可動ミラー410が退避位置にあるときをそれぞれ示している。この光路変更装置40は、レーザ干渉計13X1及び13X2の測定光束LWX1、LWX2をZ方向にシフトするために設けられている。なお、レーザ干渉計13Y1及び13Y2についても光路変更装置が設けられており、その構成は光路変更装置40と同様であるので、その説明は省略する。

30

【0093】

図23及び図24において、LWX1はレーザ干渉計13X1の1/4波長板56X1から反射面7XSに向けて射出される測定光束であり、LWX2はレーザ干渉計13X2の1/4波長板56X2から射出される測定光束である。また、LWRX1はレーザ干渉計13X1の1/4波長板60X1から参照鏡MRWXに向けて射出される参照光束であり、LWRX2はレーザ干渉計13X2の1/4波長板60X2から射出される参照光束である。なお、測定光束LWX1、LWX2、参照光束LWRX1、LWRX2がそれぞれ2本表示されているのは、図3又は図5を参照して説明したように、レーザ干渉計13X1、13X2と反射面7XS又は参照鏡MRWXとの間で、光束LWX1、LWX2、LWRX1、LWRX2がそれぞれ2往復するときに、1往復目に対して2往復目がY方向に僅かにシフトされた光路を通過するためである。

40

【0094】

可動ミラー410を支持した可動ミラー支持部材411には、可動ミラー410が退避位置に設定された状態で、測定光束LWX1、LWX2をそのまま通過するとともに、反射位置に設定された状態で、入射した測定光束LWX1、LWX2を可動ミラー410で反射して固定ミラー420に向けて進行させるため、貫通穴412がそれぞれの測定光束LWX1、LWX2に対応して4個形成されている。

【0095】

50

固定ミラー４２０は固定ミラー支持部材４２１に支持されており、固定ミラー支持部材４２１には、可動ミラー４１０が反射位置に設定された状態で、入射した測定光束ＬＷＸ１、ＬＷＸ２を固定ミラー４２０で反射して反射面７ＸＳに向けて進行させるため、略Ｌ字状の貫通穴４２２がそれぞれの測定光束ＬＷＸ１、ＬＷＸ２光束に対応して同様に４個形成されている。なお、図２５は、固定ミラー支持部材４２１の平面図であり、固定ミラー支持部材４２１はネジ４２３により不図示のフレーム等に固定されている。

【００９６】

可動ミラー４１０及び固定ミラー４２０としては、光学ガラスを母材とし、その表面に反射コートとして複数の誘電体層（誘電体膜）を蒸着等により積層したものをを用いている。このような誘電体多層膜を反射コートとして用いるのは、反射偏光特性を良好にする、すなわち、入射される円偏光としての測定光束ＬＷＸ１、ＬＷＸ２を偏光状態を崩さないで極力忠実に反射させるためである。なお、可動ミラー４１０及び固定ミラー４２０としては、上記のような反射コートとして誘電体多層膜を用いたものに限定されず、光学ガラスからなる母材に金属膜等を蒸着したものをを用いてもよい。

【００９７】

なお、可動ミラー４１０が反射位置にあるか、退避位置にあるかを検出するセンサを設け、主制御系２２によりその状態を監視するようにし、可動ミラー４１０の駆動装置４１３に対する指令と可動ミラー４１０の位置（姿勢）が相違する場合には、何らかの障害が発生しているものとして、エラー通知等の処理を行うことが望ましい。

【００９８】

なお、図２３及び図２４を参照して説明した光路変更装置４０は、その可動ミラー支持部材４１１を駆動装置４１３により回転させることにより、可動ミラー４１０を反射位置と退避位置に選択的に設定するようにしていたが、そのような構成のものに限定されず、図２６に示すような光路変更装置を採用することもできる。図２６に示す光路変更装置４０は、可動ミラー４１０を支持する可動ミラー支持部材４１１を回転させるのではなく、Ｚ方向に沿って上下にスライドさせることにより、可動ミラー４１０を反射位置と退避位置に設定するようにしたものである。可動ミラー支持部材４１１をスライドさせる駆動装置としては、例えばエアシリンダを用いることができる。

【００９９】

可動ミラー４１０を退避位置に設定する場合には、図２６（Ａ）に示すように、可動ミラー支持部材４１１を上方向（＋Ｚ方向）にスライドさせ、可動ミラー４１０を反射位置に設定する場合には、図２６（Ｂ）に示すように、可動ミラー支持部材４１１を下方向（－Ｚ方向）にスライドさせる。その他は、図２３及び図２４を参照して説明した光路変更装置と同様である。

【０１００】

さて、基板テーブル４の側面に設けられた反射鏡７Ｘ、７Ｙの反射面の形状計測は、まず、主制御系２２がウエハ駆動装置２４を介して基板テーブル４を制御し、基板テーブル４表面がＸＹ面とほぼ平行になるように、基板テーブル４を駆動する。そして、主制御系２２が光路変更装置４０の駆動装置４１３を制御して、図１２においてウエハ干渉系１３Ｘ１について代表的に示されるように、可動ミラー４１０を、レーザ干渉計１３Ｘ１、１３Ｘ２から射出された測定光束ＬＷＸ１、ＬＷＸ２の反射鏡７Ｘに至る光路上から退避させる。この結果、測定光束ＬＷＸ１、ＬＷＸ２は、反射鏡７ＸのＺ位置ＺＷ１に照射されることになる。引き続き、主制御系２２がウエハ駆動装置２４を介してウエハＸ軸駆動ステージ２及びウエハＹ軸駆動ステージ３を制御し、基板テーブル４を図１３において実線で示される計測開始位置に移動させる。以上の基板テーブル４の移動中において基板テーブル４が所定位置となったときに、レーザ干渉計１３Ｘ１、１３Ｘ２、１３Ｙ１、１３Ｙ２をリセットする。なお、本実施形態では、基板テーブル４が計測開始位置にきたときに、レーザ干渉計１３Ｘ１、１３Ｘ２、１３Ｙ１、１３Ｙ２をリセットしている。また、形状計測時におけるレーザ干渉計１３Ｘ１、１３Ｘ２、１３Ｙ１、１３Ｙ２のリセット位置と、後述する位置制御時におけるレーザ干渉計１３Ｘ１、１３Ｘ２、１３Ｙ１、１３Ｙ２の

10

20

30

40

50

リセット位置とは所定の位置関係となっている。

【0101】

次に、主制御系22がウエハ駆動装置24を介して、Y軸ウエハ駆動ステージ2を制御し、基板テーブル4を-Y方向に移動させつつ、レーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2によって検出されたX位置XW1(t, ZW1)、XW2(t, ZW1)及びY位置YW1(t, ZW1)、YW2(t, ZW1)(t:時刻)をほぼ同時に収集する作業を逐次実行する。

【0102】

ところで、各収集時における反射面7XSのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{ZX}(t, ZW1)$ 及び反射面7YSのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{ZY}(t, ZW1)$ は、

$$\begin{aligned}\theta_{ZX}(t, ZW1) &= (XW1(t, ZW1) \\ &- XW2(t, ZW1)) / L11 \quad \cdots (11) \\ \theta_{ZY}(t, ZW1) &= (YW1(t, ZW1) \\ &- YW2(t, ZW1)) / L21 \quad \cdots (12)\end{aligned}$$

によって求められる。

【0103】

ここで、基板テーブル4は-Y方向に移動するので、ウエハ干渉系13Y1、13Y2から射出された測定光束LWY1、LWY2は、実質的には反射鏡7Yの同一位置に照射され続ける。したがって、反射鏡7YのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{ZY}(t, ZW1)$ には、Y軸方向に関する反射鏡7Yの1次元的な形状変化の寄与は含まれていないので、回転量 $\theta_{ZY}(t, ZW1)$ は、基板テーブル4の移動に伴う基板テーブル4の時刻tにおけるZ軸回りの回転量、すなわち基板テーブル4のヨーイング量そのものとなっているとみなしてよい。

【0104】

一方、反射鏡7XのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{ZX}(t, ZW1)$ は、各収集時における基板テーブル4のヨーイング量と反射鏡7Xの反射面7XSのX軸方向に関する1次元的な形状変化との和となっている。したがって、反射鏡7Xの反射面7XSのX軸方向に関する1次元的な形状変化による、反射鏡7XのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{ZX}(t, ZW1)$ は、

$$\begin{aligned}\theta_{ZX}(t, ZW1) &= \theta_{ZX}(t, ZW1) \\ &- \theta_{ZY}(t, ZW1) \quad \cdots (13)\end{aligned}$$

によって求められる。

【0105】

ところで、各収集時における基板テーブル4のY位置YW(t, ZW1)は、

$$\begin{aligned}YW(t, ZW1) &= (YW1(t, ZW1) \\ &+ YW2(t, ZW1)) / 2 \quad \cdots (14)\end{aligned}$$

によって求められ、時刻tに対して一義的に決まる。

【0106】

すなわち、反射鏡7XのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{ZX}(t, ZW1)$ を、反射鏡7XのZ軸回りの局所的な回転量 $\theta_{ZX}(YW, ZW1)$ と表すことができる。したがって、レーザ干渉計13X1、13X2のリセット時におけるY位置(以下、「計測基準Y位置」という)をYWSとして、Z位置ZW1における反射鏡7XのY軸方向に関する1次元形状DXW(YW, ZW1)は、次式によって求められる。

【0107】

【数1】

$$DXW(YW, ZW1) = \int_{YWS}^{YW} \theta_{zx}(t, ZW1) d(YW) \quad \cdots (15)$$

【0108】

10

20

30

40

50

そこで、主制御系 22 は、収集した X 位置 $XW1(t, ZW1)$, $XW2(t, ZW1)$ 及び Y 位置 $YW1(t, ZW1)$, $YW2(t, ZW1)$ に基づいて、上記の (11) 式から (15) 式までを使用して、Z 位置 $ZW1$ における反射鏡 7X の Y 軸方向に関する 1 次元形状 $DXW(YW, ZW1)$ を算出する。

【0109】

次に、主制御系 22 がウエハ駆動装置 24 を介してウエハ X 軸駆動ステージ 2 及びウエハ Y 軸駆動ステージ 3 を制御し、基板テーブルを図 13 において実線で示される計測開始位置に移動させる。引き続き、主制御系 22 が光路変更装置 40 の駆動装置 413 を制御して、図 14 においてウエハ干渉系 13X1 について代表的に示されるように、レーザ干渉計 13X1, 13X2 から射出された測定光束 $LWX1$, $LWX2$ の反射鏡 7X に至る光路上 (反射位置) に移動させる。この結果、測定光束 $LWX1$, $LWX2$ は、反射鏡 7X の Z 位置 $ZW2$ に照射されることになる。この後、レーザ干渉計 13X1, 13X2 をリセットする。

【0110】

次いで、Z 位置 $ZW1$ における 1 次元形状計測と同様にして、主制御系 22 がウエハ駆動装置 24 を介して、Y 軸ウエハステージ 3 を制御し、基板テーブル 4 を -Y 方向に移動させつつ、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2 によって検出された X 位置 $XW1(t, ZW2)$, $XW2(t, ZW2)$ 及び Y 位置 $YW1(t, ZW2)$, $YW2(t, ZW2)$ をほぼ同時に収集する作業を逐次実行する。そして、主制御系 22 が、収集した X 位置 $XW1(t, ZW2)$, $XW2(t, ZW2)$ 及び Y 位置 $YW1(t, ZW2)$, $YW2(t, ZW2)$ に基づいて、上記の (11) 式から (15) 式と同様の式を利用して、Z 位置 $ZW2$ における反射鏡 7X の Y 軸方向に関する 1 次元形状 $DXW(YW, ZW2)$ が算出される。

【0111】

こうして、反射鏡 7X の反射面 7XS の形状情報 $[DXW(YW, ZW1), DXW(YW, ZW2)]$ が得られる。

【0112】

また、反射鏡 7Y の反射面 7YS の形状情報 $[DYW(XW, ZW1), DYW(XW, ZW2)]$ は、上記の反射面 7XS の形状計測と同様にして、主制御系 22、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2、ウエハ駆動装置 24、アライメントセンサ 26、及び光路変更装置 40 等が使用される。すなわち、主制御系 22、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2、ウエハ駆動装置 24、アライメントセンサ 26、及び光路変更装置 40 等によって、反射鏡 7Y の反射面 7YS の形状計測を行うことによって得られる。

【0113】

以上のようにして得られた反射鏡 7X の反射面 7XS の形状情報 $[DXW(YW, ZW1), DXW(YW, ZW2)]$ 及び反射鏡 7Y の反射面 7YS の形状情報 $[DYW(XW, ZW1), DYW(XW, ZW2)]$ が、図 15 に示されている。ここで、1 次元形状 $DXW(YW, ZW1)$ と 1 次元形状 $DXW(YW, ZW2)$ とを比較してみると、計測基準 Y 位置 YWS において、

【0114】

$$DXW(YWS, ZW1) = DXW(YWS, ZW2)$$

となっている。これは、1 次元形状 $DXW(YW, ZW1)$ 及び 1 次元形状 $DXW(YW, ZW2)$ の計測それぞれの計測基準 Y 位置 YWS において、レーザ干渉計 13X1, 13X2 の双方をリセットするからである。

【0115】

したがって、1 次元形状 $DXW(YW, ZW1)$ と 1 次元形状 $DXW(YW, ZW2)$ とに基づいて、反射面 7XS の各 Y 位置における Y 軸回りの回転量 $\theta Y(YW)$ を、

$$\theta Y(YW) = (DXW(YW, ZW1) - DXW(YW, ZW2)) / DX \quad \dots (16)$$

10

20

30

40

50

で求めると、必ず、

$$\theta Y(YWS) = 0 \quad \dots (17)$$

となることになる。

【0116】

すなわち、上記の(17)式によると、反射面7XSの計測基準Y位置YWSでは、反射面7XSのY軸回りの回転量が必ず「0」として計測されることになる。しかし、実際には、Z位置ZW1における1次元形状計測及びZ位置ZW2における1次元形状計測でそれぞれ、レーザ干渉計13X1、13X2のリセット時における状態が同一であるとは限らない。したがって、一般には、Z位置ZW1における2次元位置検出値XW(ZW1)、YW(ZW1)と、Z位置ZW2における2次元位置検出値XW(ZW2)、YW(ZW2)との間にはオフセットが存在することになる。このため、(16)式によって求められる反射面7XSの各Y位置におけるY軸回りの回転量 $\theta Y(YW)$ は、実際の反射面7XSのY軸回りの回転量とは異なっている。かかる事情は、反射面7YSのX軸回りの回転量についても同様である。

10

【0117】

かかるオフセットを補正するために、本実施形態では、図13に示されるような基準マークMKX1、MKX2及び基準マークMKY1、MKY2の配列方向の直交方向に配列された基準マークMKY1、MKY2が形成された計測用ウエハWTを使用する。そして、計測用ウエハWTを基板テーブル4に搭載し、反射面7XSに関する1次元形状DXW(YW, ZW1)及び1次元形状DXW(YW, ZW2)の計測それぞれにおいて、基準マークMKX1、MKX2のX位置及び基準マークMKY1、MKY2のY位置を以下のようにして測定することになっている。なお、反射面7YSに関する1次元形状DYW(XW, ZW1)及び1次元形状DYW(XW, ZW2)の計測それぞれにおいても、基準マークMKX1、MKX2のX位置及び基準マークMKY1、MKY2のY位置を同様に測定することになっている。

20

【0118】

すなわち、上述の1次元形状計測に先立って、図13に示されるような基準マークMKX1、MKX2の配列方向の直交方向に配列された基準マークMKY1、MKY2が形成された計測用ウエハWTを、例えば、基準マークMKX1と基準マークMKX2とを結ぶ直線がY軸とほぼ平行となるとともに、基準マークMKY1と基準マークMKY2とを結ぶ直線がX軸とほぼ平行となるように基板テーブル4にロードして、基板テーブル4によって保持させる。引き続き、主制御系22がウエハ駆動装置24を介してウエハX軸駆動ステージ2及びウエハY軸駆動ステージ3を制御し、基板テーブルを図13において実線で示される計測開始位置に移動させる。すなわち、主制御系22がウエハ駆動装置24を介し、ウエハX軸駆動ステージ2を制御して、Y軸方向に移動したときに基準マークMKX1と基準マークMKX2とをアライメントセンサ26の視野で捉えることのできるX位置に基板テーブル4を移動させるとともに、ウエハY軸駆動ステージ3を制御して、計測開始位置に基板テーブル4を移動させる。

30

【0119】

次いで、前述した1次元形状DXW(YW, ZW1)計測を行い、この1次元形状DXW(YW, ZW1)の計測におけるレーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2の状態、基準マークMKX1、MKX2のX位置及び基準マークMKY1、MKY2のY位置を、レーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2及びアライメントセンサ26を使用して測定する。こうして測定された基準マークMKX1のX位置をXMX1(ZW1)、基準マークMKX2のX位置をXMX2(ZW1)、基準マークMKY1のY位置をYMY1(ZW1)、基準マークMKY2のY位置をYMY2(ZW1)とする。

40

【0120】

同様に、前述した1次元形状DXW(YW, ZW2)計測を行い、この1次元形状DXW(YW, ZW2)の計測におけるレーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2

50

の状態で、基準マークMKX1、MKX2のX位置及び基準マークMKY1、MKY2のX位置を、レーザ干渉計13X1、13X2、13Y1、13Y2及びアライメントセンサ26を使用して測定する。こうして測定された基準マークMKX1のX位置をXMX1(ZW2)、基準マークMKX2のX位置をXMX2(ZW2)、基準マークMKY1のY位置をYMY1(ZW2)、基準マークMKY2のY位置をYMY2(ZW2)とする。

【0121】

なお、上記の1次元形状計測と基準マークの位置計測とは、どちらを先に行ってもよい。

【0122】

この結果、基準マークMKX1に関する測定からX位置オフセット $\Delta X M 1$ 、基準マークMKX2に関する測定からX位置オフセット $\Delta X M 2$ 、基準マークMKY1に関する測定からY位置オフセット $\Delta Y M 1$ 、基準マークMKY2に関する測定からY位置オフセット $\Delta Y M 2$ が、

$$\Delta X M 1 = X M 1 (Z W 1) - X M 1 (Z W 2)$$

$$\Delta X M 2 = X M 2 (Z W 1) - X M 2 (Z W 2)$$

$$\Delta Y M 1 = Y M 1 (Z W 1) - Y M 1 (Z W 2)$$

$$\Delta Y M 2 = Y M 2 (Z W 1) - Y M 2 (Z W 2)$$

によって求められる。

【0123】

ここで、値 $\Delta X M 1$ 、 $\Delta X M 2$ は、1次元形状DXW(YW, ZW1)の計測当初のレーザ干渉計13X1、13X2のリセット時における基板テーブル4のX位置と、1次元形状DXW(YW, ZW2)の計測当初のレーザ干渉計13X1、13X2のリセット時における基板テーブル4のX位置との間の差、すなわち、1次元形状DXW(YW, ZW1)と1次元形状DXW(YW, ZW2)との間のXオフセット量 $\Delta X O F$ を反映している。また、値 $\Delta Y M 1$ 、 $\Delta Y M 2$ は、1次元形状DXW(YW, ZW1)の計測当初のレーザ干渉計13Y1、13Y2のリセット時における基板テーブル4のY位置と、1次元形状DXW(YW, ZW2)の計測当初のレーザ干渉計13Y1、13Y2のリセット時における基板テーブル4のY位置との間の差、すなわち、1次元形状DXW(YW, ZW1)におけるYWと1次元形状DXW(YW, ZW2)におけるYWとの間のYオフセット量 $\Delta Y O F$ を反映している。

【0124】

ところで、Xオフセット量 $\Delta X O F$ はYW値によらず一定であり、値 $\Delta X M 1$ と値 $\Delta X M 2$ とは原則として同一となるはずであるが、測定値 $\Delta X M 1$ 、 $\Delta X M 2$ には測定誤差等が含まれているので、本実施形態では、 $\Delta X O F = (\Delta X M 1 + \Delta X M 2) / 2$ によってXオフセット量 $\Delta X O F$ を求めることにしている。また、Yオフセット量 $\Delta Y O F$ はXW値によらず一定であり、値 $\Delta Y M 1$ と値 $\Delta Y M 2$ とは原則として同一となるはずであるが、測定値 $\Delta Y M 1$ 、 $\Delta Y M 2$ には測定誤差等が含まれているので、本実施形態では、 $\Delta Y O F = (\Delta Y M 1 + \Delta Y M 2) / 2$ によってYオフセット量 $\Delta Y O F$ を求めることにしている。

そして、主制御系22では、1次元形状DXW(YW, ZW1)、1次元形状DXW(YW, ZW2)、及びXオフセット量 $\Delta X O F$ 、Yオフセット量 $\Delta Y O F$ に基づいて、反射面7XSの形状情報[dXW(YW, ZW1)、dXW(YW, ZW2)]を求めている。

【0125】

なお、反射面7XSの形状情報[dXW(YW, ZW1)、dXW(YW, ZW2)]は、

$$d X W (Y W, Z W 1) = D X W (Y W, Z W 1)$$

$$d X W (Y W, Z W 2) = D X W (Y W + \Delta Y O F, Z W 2) + \Delta X O F$$

によって求められる。

【0126】

10

20

30

40

50

また、反射鏡 7 Y の反射面 7 Y S の形状情報 [d Y W (X W, Z W 1), d Y W (X W, Z W 2)] は、上記の反射鏡 7 X の反射面 7 X S の形状計測と同様にして、主制御系 2 2、レーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2, 1 3 Y 1, 1 3 Y 2、ウエハ駆動装置 2 4、アライメントセンサ 2 6、及び光路変更装置 4 0 等が使用される。すなわち、主制御系 2 2、レーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2, 1 3 Y 1, 1 3 Y 2、ウエハ駆動装置 2 4、アライメントセンサ 2 6、及び光路変更装置 4 0 等によって、1 次元形状 D Y W (X W, Z W 1)、1 次元形状 D Y W (X W, Z W 2) の計測に加えて、基準マーク M K X 1, M K X 2 の X 位置及び基準マーク M K Y 1, M K Y 2 の Y 位置検出を行うことによって得られる。

【0127】

以上のようにして得られた反射鏡 7 X の反射面 7 X S の形状情報 [d X W (Y W, Z W 1), d X W (Y W, Z W 2)] 及び反射鏡 7 Y の反射面 7 Y S の形状情報 [d Y W (X W, Z W 1), d Y W (X W, Z W 2)] が、図 1 6 に示されている。かかる形状情報 [d X W (Y W, Z W 1), d X W (Y W, Z W 2)] 及び形状情報 [d Y W (X W, Z W 1), d Y W (X W, Z W 2)] は、主制御系 2 2 によって、記憶装置 2 7 に形状情報 2 7 a として格納される。

【0128】

主制御系 2 2 は、前述の X 位置 X W、Y 位置 Y W、ヨーイング量 θ Z W、及び反射鏡 7 X、7 Y の直交度誤差変動 $\Delta \omega$ W の検出にあたり、レーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2, 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 から出力された測定結果 X W 1, X W 2, Y W 1, Y W 2 について、上述のようにして事前に計測された反射面 7 X S の形状情報 [d W X (Y W, Z W 1)] 及び反射面 7 Y S の形状情報 [d W Y (X W, Z W 1)] を考慮した補正を行う。

【0129】

また、主制御系 2 2 は、レーザ干渉計 1 3 X P によって検出された反射面 7 X S のチルト情報 $\Delta L W X P$ 、及びレーザ干渉計 1 3 Y P によって検出された反射面 7 Y S のチルト情報 $\Delta L W Y P$ に基づいて、アッペ誤差を以下のようにして求める。

【0130】

レーザ干渉計 1 3 X P による検出値 $\Delta L W X P$ には、レーザ干渉計 1 3 X P のリセット状態を基準とした基板テーブル 4 の Y 軸回りの回転量に起因して発生した光路差 $\Delta L W X P 1$ と、反射面 7 X S の Y 軸方向に関するうねりやねじれ等に起因して発生した光路差 $\Delta L W X P 2$ とが含まれている。なお、上述の反射面 7 X S、7 Y S の形状計測時におけるレーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2, 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 のリセット位置と、基板テーブル 4 の位置検出時のレーザ干渉計 1 3 X 1, 1 3 X 2, 1 3 Y 1, 1 3 Y 2 のリセット位置との位置関係は予め定められており、既知である。

【0131】

ところで、レーザ干渉計 1 3 X P から射出された測定光束 L W X P の照射点の Y 位置 Y W P は、 $Y W P = Y W - (L 1 1 / 2) - L 1 2 \dots (18)$ によって求められる。また、レーザ干渉計 1 3 X P のリセット時における測定光束 L W X P の照射点の Y 位置 Y W P 0 は、上述のように既知である。そこで、光路差 $\Delta L W X P 2$ は、

$$\begin{aligned} \Delta L W X P 2 = & [\{ d W X (Y W P, Z W 1) \\ & - d W X (Y W P, Z W 2) \} \\ & - \{ d W X (Y W P 0, Z W 1) \\ & - d W X (Y W P 0, Z W 2) \}] \dots (19) \end{aligned}$$

によって求めることができる。

【0132】

したがって、光路差 $\Delta L W X P 1$ は、

$$\Delta L W X P 1 = \Delta L W X P - \Delta L W X P 2 \dots (20)$$

によって求めることができる。この結果、基板テーブル 4 の Y 軸回りの回転量 θ Y W は、

$$\theta Y W = \Delta L W X P 1 / D X \dots (21)$$

によって求められる。そして、基板テーブル 4 の X Y 位置検出の Z 位置 Z W 1 とウエハ W

10

20

30

40

50

表面の Z 位置との差 L (図 4 参照) が既知であれば、基板テーブル 4 の Y 軸回りの回転量 $\theta Y W$ による X 軸方向のアッペ誤差 $\Delta X A$ が、

$$\Delta X A = L \cdot \theta Y W \quad \cdots (22)$$
 によって求められる。なお、以上の (17) ~ (22) 式の計算は主制御系 22 によって行われる。

【0133】

また、基板テーブル 4 の X 軸回りの回転量 $\theta X W$ による Y 軸方向のアッペ誤差 $\Delta Y A$ は、X 軸方向のアッペ誤差 $\Delta X A$ の場合と同様にして、レーザ干渉計 13 Y P による測定結果 $\Delta L W Y P$ と、反射面 7 Y S の形状情報 [$d W Y (X W, Z W 1)$, $d W Y (X W, Z W 2)$] とに基づいて求められる。

10

【0134】

また、ウエハ W 表面の Z 位置並びに X 軸回り及び Y 軸回りの回転量は、前記多点フォーカス位置検出系 (28, 29) によって検出され、主制御系 22 に供給される。

【0135】

以上のようにして、ウエハ W の位置及び姿勢の検出、並びにアッペ誤差の検出が行われる。

【0136】

次に、本実施形態の露光装置 100 による、レチクル R に形成されたパターンをウエハ W に転写する露光動作について説明する。

【0137】

まず、不図示のレチクルローダによって、レチクルがレチクルステージ R S T の微動ステージ 11 上にロードされる。そして、基準マーク板 6 を用いてレチクルアライメントが行われる。

20

【0138】

このレチクルアライメントの動作を簡単に説明すると、まず、主制御系 22 の制御により、ウエハ Y 軸駆動ステージ 2 及びウエハ X 軸駆動ステージ 3 を駆動することによって、基準マーク板 6 の基準マーク 30 A, 30 B を投影光学系 P L に関してレチクル R 上の照明領域 36 と共役な露光領域 (パターン像の投影領域) 内に移動して静止させるとともに、レチクル走査ステージ 10 を駆動して図 11 のレチクル 12 上のアライメントマーク 32 A, 32 B を照明領域 36 内に移動する。

30

【0139】

次に、レチクルアライメント系 19, 20 によって、基準マーク 30 A, 30 B と対応するアライメントマーク 32 A, 32 B との位置ずれ量を検出する。そして、主制御系 22 は、検出された位置ずれ量に基づいて、レチクル走査ステージ 10 及びレチクル微動ステージ 11 を駆動して、基準マーク 30 A 及び 30 B の像に対してアライメントマーク 32 A 及び 32 B の位置ずれ量が対称になるように合わせ込む。これによって、レチクル R の位置及び回転角が基準マーク板 6 に対して合わせ込まれる。また、この状態で例えば、レチクルステージ R S T 側の 4 軸のレチクル干渉計 14 X 1, 14 X 2, 14 Y 1, 14 Y 2 の計測値、及びウエハステージ側の 4 軸のレーザ干渉計 13 X 1, 13 X 2, 13 Y 1, 13 Y 2 の計測値をリセットすることによって、上述のレチクルステージの座標系 (X R, Y R) と、ウエハステージの座標系 (X W, Y W) との原点のオフセットが補正される。

40

【0140】

次いで、後に行われる走査露光時における基板テーブル 4 の走査方向が、基準マーク板 6 の基準マーク 30 A, 30 C, 30 E の配列方向に平行となるようにする。このためには、例えば、機械的に基準マーク 30 A, 30 C, 30 E の配列方向が反射鏡 7 X の反射面 7 X S と平行に設定される。但し、機械的な調整誤差が残存する際には、ウエハステージの Y 座標 Y W が所定ステップ変化する毎に、その X 座標 X W が対応する量だけ変化するようにして、ソフトウエア的に基板テーブル 4 の走査方向を補正してもよい。以下では、このように補正された走査方向を Y 軸とする座標系をウエハステージの座標系 (X W, Y W

50

）と呼ぶ。

【0141】

次に、露光光ELを照射することなく、走査露光時と同様にウエハステージ側のステージとレチクルステージ側のステージとを互いに反対向き移動させて、基準マーク板6上の基準マーク30C～30Fと対応するレチクルR上のアライメントマーク32C～32Fとの相対的な位置ずれ量をレチクルアライメント系19、20によって順次検出する。これらの相対的な位置ずれ量の平均値より、レチクルRの走査方向とウエハWの走査方向との傾き角、すなわちレチクルステージの座標系(XR, YR)と、ウエハステージの座標系(XW, YW)との走査方向の軸の回転角を求める。その後、レチクルRを走査する際には、レチクル走査ステージ10及びレチクル微動ステージ11を介して、Y座標YRが所定間隔変化する間にX座標XRを対応する量だけ横ずれさせることによって、ソフトウエア的にレチクルRの走査方向を基準マーク板6の基準マークの配列方向に合わせ込む。以下では、このように補正された走査方向をY軸とする座標系をレチクルステージの座標系(XR, YR)と呼ぶ。

【0142】

この結果、ウエハステージの座標系(XW, YW)及びレチクルステージの座標系(XR, YR)は、基準マーク板6を基準として走査方向の軸が互いに平行になり、走査露光時にレチクルRとウエハWとは平行に走査される。この場合、各ステージの移動は各ステージのガイド面基準であるので、露光装置100の組立調整時に、例えばレチクル走査ステージ10のガイド面とウエハY軸駆動ステージ2のガイド面との平行度を数100 μ rad程度以下に機械的に合わせておく。

【0143】

更に、それらのガイド面に対して反射鏡及び基準マーク板6を合わせて固定することで、走査露光時に各ステージを非走査方向へも駆動することによるソフトウエア的な補正量を小さくし、制御精度を向上させている。このように調整されたレチクル微動ステージ11に対し、実際にレチクルRを載置した場合、レチクルRが外形基準等で設けられると、各反射鏡21X、21Y1、21Y2及び基準マーク板6に対しレチクルRのアライメントマーク32A～32Fのみが大きく回転している可能性がある。これは、レチクルRの外形と転写用パターンとの間の位置ずれ量は大きいときには0.5mm程度あるからである。

【0144】

図11のレチクルRの外形と転写用パターンとの位置ずれ量が大きいと、レチクルRのアライメントマーク32A～32Fと基準マーク板6の基準マーク30A～30Fとの位置ずれ量を計測した場合、相対的にレチクルRと基準マーク板6とが大きく回転しているか、大きなオフセットを持っていると認識される。かかる場合には、基準マーク板6は反射鏡7X、7Yに合わせて固定されていることから、レチクル微動ステージ11を回転又はシフトさせることで補正が行われる。

【0145】

レチクル微動ステージ11を回転させた場合には、反射鏡21Xも同様に回転するので、レチクルRの走り方向に対し反射鏡21Xが傾くこととなるが、レチクルR上のアライメントマーク32A～32Fは基準マーク板6上の基準マーク30A～30Fに平行になっており、走査露光時にはレチクルRの走り方向とウエハWの走り方向とが平行となるように制御される。

【0146】

以上のレチクルアライメント時に、基準マーク板6を用いたいわゆるベースラインチェックによって、アライメントセンサ26の検出中心と、被露光領域34内の基準点との間隔(ベースライン量)が求められて記憶装置27に記憶される。

【0147】

次に、不図示のウエハローダによってウエハWが基板テーブル4上にロードされ、基板テーブル4によって保持される。そして、ウエハW上における各ショット領域のウエハステ

10

20

30

40

50

ージの座標系（ XW , YW ）上での配列を求めるためのウエハアライメントが行われる。かかるウエハアライメントでは、図1のアライメントセンサ26を用いて、例えば特開昭61-44429号公報及びこれに対応する米国特許第4,780,617号等に開示されているように、ウエハW上から選択された所定個数のショット領域（サンプルショット）のウエハマーク（不図示）の座標位置を検出し、この計測結果を統計処理するEGA（エンハンスド・グローバル・アライメント）方式でウエハW上の全部のショット領域に関する配列座標が算出される。なお、ウエハマーク座標位置は、上述のレーザ干渉計13FX, 13Y1, 13Y2による計測結果（ $XW (=XF)$, YW ）、レーザ干渉計13FPによる計測結果 $\Delta LFXP$ 、及びレーザ干渉計13YPによる計測結果 $\Delta LWYP$ に基づいて検出される。

10

【0148】

そして、ウエハW上の各ショット領域の配列座標、アライメントセンサ26のベースライン量、及びウエハステージの座標系（ XW , YW ）とレチクルステージの座標系（ XR , YR ）との関係に基づいて、ウエハW上の露光対象のショット領域が走査開始位置に位置決めされると共に、レチクルRも対応する位置に位置決めされる。

【0149】

次に、露光光ELを照射しつつ、先のレチクルアライメント時に定められたウエハステージの座標系（ XW , YW ）及びレチクルステージの座標系（ XR , YR ）に従ってレチクルRとウエハWとを同期移動させることにより、走査露光動作が行われる。この場合の座標系（ XW , YW ）及び座標系（ XR , YR ）は、反射鏡7X, 7Y, 21X, 21Y1, 21Y2の反射面を基準としてソフトウエア的に補正されたものであり、各反射鏡の位置がレチクルRやウエハWに対して相対的にずれた場合、ショット領域の形状やショット配列に影響を及ぼすこととなる。本実施形態では、このようなときでも正確な矩形のショット領域、及び直交格子状のショット配列が形成されるように、以下の方法により走査露光及びステッピングを行っている。

20

【0150】

すなわち、ウエハアライメントによって、露光対象のショット領域とレチクルとが位置合わせされたときのレチクルステージの座標系（ XR , YR ）の座標を（ $XR0$, $YR0$ ）、ウエハステージの座標系（ XW , YW ）の座標を（ $XW0$, $YW0$ ）とすると、投影光学系PLの投影倍率は β であるため、それ以後のレチクル微小駆動ステージ11（レチクルR）と基板テーブル4（ウエハW）との走査方向、及び非走査方向の同期誤差 ΔX , ΔY は、

30

$$\Delta X = (XW - XW0) / \beta - (XR - XR0) \quad \cdots (23)$$

$$\Delta Y = (YW - YW0) / \beta - (YR - YR0) \quad \cdots (24)$$

となる。但し、これらの同期誤差はレチクル12上に換算した誤差である。また、図1の投影光学系PLは反転投影系であるが、図2に示すように、レチクル干渉計14とウエハ干渉計13とはX軸方向及びY軸方向について測長方向が反転しているため、同期誤差は単に移動量の倍率補正値の差分を取るだけで求められる。

【0151】

また、本実施形態では、(5)式で表される基板テーブル4のヨーイング角 θZW と、(9)式で表されるレチクル微動ステージ11のヨーイング角 θZR との差分を次式のように回転方向の同期誤差 $\Delta \theta$ とする。

40

$$\Delta \theta = \theta ZW - \theta ZR = (XW1 - XW2) / L11 - (XR1 - XR2) / L3 \quad \cdots (25)$$

【0152】

そして、走査露光時には、図1のレチクル走査ステージ10及びウエハY軸駆動ステージ2が加速を開始し、これらがそれぞれ所定の走査速度に達した後、上記の同期誤差 ΔX , ΔY , $\Delta \theta$ がそれぞれ零、又は所定の許容値以下となるようにレチクル微動ステージ11を駆動して同期制御を行う。この状態で所定の整定時間が経過した後、レチクルR上の照明領域36への露光光ELの照射が開始されて露光が行われる。なお、本実施形態ではレ

50

チクル微動ステージ 11 を駆動して同期誤差 ΔX , ΔY , $\Delta \theta$ をそれぞれ零または許容値以下とするものとしたが、レチクル微動ステージ 11 の代わりに、あるいはそれと組み合わせでウエハステージ装置（例えば基板テーブル 4）を駆動して前述の同期誤差を補正してもよい。

【0153】

また、走査露光時には、ウエハ W 上の被露光領域 34 の Z 位置、X 軸回りの回転角、及び Y 軸回りの回転角は、多点フォーカス検出系（28, 29）によって検出されている。そして、この検出結果に基づいて、主制御系 22 がウエハ駆動装置 22 を介して基板テーブル 4 を駆動し、前述の被露光領域 34 内でウエハ W の表面を投影光学系 PL の像面と焦点深度の範囲内で一致させている。

【0154】

更に、ウエハアライメント時には、レーザ干渉計 13FP, 13YP によって、反射面 7XS, 7YS のチルト量が検出されており、また、走査露光時には、レーザ干渉計 13XP, 13YP によって、反射面 7XS, 7YS のチルト量が検出されている。そして、この検出結果と、反射面 7XS の形状情報 [dWX (YW, ZW1), dWX (YW, ZW2)] 及び反射面 7YS の形状情報 [dWY (XW, ZW1), dWY (XW, ZW2)] とに基づいて、前述のようにしてアッペ誤差 ΔXA , ΔYA が求められ、アッペ誤差 ΔXA , ΔYA 分だけ基板テーブル 4（ウエハ W）の XY 位置が補正される。

【0155】

走査露光が終了すると、主制御系 22 は、ウエハ駆動装置 24 を介して、次のショット領域への露光を行うためにウエハ W のステッピングを行う。かかるステッピング動作において、反射鏡 7X, 7Y の直交度が変化した場合は、ステッピング方向を（6）式の直交度誤差変動 $\Delta \omega W$ 分だけ補正する。

【0156】

ステッピング動作時において、（6）式の直交度誤差変動 $\Delta \omega W$ 又は（10）式の直交度誤差変動 $\Delta \omega R$ が所定の許容値を超えて大きく変化する場合は、その他のオフ・アクシス方式のアライメントセンサ 26 のベースライン量の精度やその機械的な安定性に問題が発生している可能性がある。そこで、直交度誤差変動 $\Delta \omega W$, $\Delta \omega R$ が所定の許容値を超えて大きく変化している場合は、ウエハ W の交換時等に再度上記のレチクルアライメントやベースライン量の計測を行うようにする。これによって、レチクル R のパターンとウエハ W の各ショット領域との重ね合わせ精度を向上できる。

【0157】

なお、上記のレチクルアライメント、ウエハアライメント、走査露光、及びステッピングにおいて、基板テーブル 4 の XY 位置がレーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2 によって検出されるが、主制御系 22 では各検出値を、記憶装置 27 に記憶された上述の反射面 7XS の形状情報 [dWX (YW, ZW1)] 及び反射面 7YS の形状情報 [dWY (XW, ZW1)] によって補正する。そして、補正結果を基板テーブル 4 の XY 位置として取り扱うことにより、位置制御精度を更に向上している。

【0158】

以上のように、本実施形態の露光装置 100 では、予め計測され、記憶装置 27 に記憶された反射面 7XS, 7YS の形状情報を使用して、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2 によって検出された基板ステージ 4（ウエハ W）の XY 位置を補正するとともに、レーザ干渉計 13XP, 13YP によって検出された反射面 7XS, 7YS のチルト量から基板テーブル 4 の X 軸回りの回転や Y 軸回りの回転によるウエハ W（ショット領域）の XY 位置のアッペ誤差を補正する。したがって、反射面 7XS, 7YS にうねりやねじれがあるときにも、非常に精度良く基板テーブル 4 及びウエハ W の位置制御を行うことができるので、精度の良い露光を行うことができる。

【0159】

また、本実施形態の露光装置 100 では、主制御系 22 の制御の下で、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2、ウエハ駆動装置 24、アライメントセンサ 26、

10

20

30

40

50

光路変更装置 40 等によって反射面 7XS, 7YS の形状を計測することができる。したがって、反射面 7XS, 7YS の形状計測に他の装置を必要とせず、かつ、必要なタイミングで反射面 7XS, 7YS の形状を計測し、記憶装置 27 に記憶される反射面 7XS, 7YS の形状情報を更新することができる。

【0160】

加えて、反射面 7XS, 7YS の形状計測に際して、レーザ干渉計 13X1, 13X2, 13Y1, 13Y2 の各測定光束 LWX1, LWX2, LWY1, LWY2 の光路を変更して、反射面 7XS, 7YS 上において-Z 方向にシフトした位置に照射させるために、それぞれ反射偏光特性を良好することが可能な誘電体多層膜を反射コートとして用いた可動ミラー 410 及び固定ミラー 420 を備えた光路変更装置 40 を用いているので、光路変更装置として菱形プリズム等のプリズム型の装置を採用した場合と比較して、各測定光束 LWX1, LWX2, LWY1, LWY2 の偏光状態 (円偏光) のくずれを最小限に抑えることができ、従って、精度の良い形状計測を行うことができる。

10

【0161】

また、本実施形態の露光装置 100 では、反射面 7XS, 7YS の形状計測における 1 次元形状計測において、形状計測対象となる一方の反射面とは異なる他方の反射面の直交方向に基板テーブル 4 を移動させつつ、他方の反射面の Z 軸回りの回転量を検出することにより基板テーブル 4 のヨーイング量を測定するのとはほぼ同時に一方の反射面の Z 軸回りの局所的な回転量を測定している。したがって、測定された一方の反射面の Z 軸回りの局所的な回転量からその測定時における基板テーブル 4 のヨーイング量を差し引くことにより、一方の反射面の形状にのみ基づく Z 軸回りの局所的な回転量を求めることができるので、反射面の 1 次元形状を精度良く求めることができる。このため、反射面の形状計測を精度良く行うことができる。

20

【0162】

なお、本実施形態の露光装置 100 は、上記実施形態で説明した、多数の機械部品及び光学部品等を有する照明系、複数のレンズ等を有する投影光学系 PL、並びに多数の機械部品等を有するレチクルステージ RST 及びウエハステージ装置、並びにレーザ干渉計 13X1, 13X2, 13XP, 13Y1, 13Y2, 13YP, 13FX, 13FP, 14X1, 14X2, 14M1, 14M2、加えて可動ミラー 410 及び固定ミラー 420 を含む光路変更装置 40 をそれぞれ組み立てて機械的及び光学的に連結し、さらに、主制御系 22、及び記憶装置 27 等と機械的及び電氣的に組み合わせた後に、総合調整 (電気調整、動作確認等) をすることにより製造することができる。

30

【0163】

なお、露光装置 100 の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0164】

次に、本実施形態の露光装置を使用したデバイスの製造について説明する。

【0165】

図 17 には、本実施形態におけるデバイス (IC や LSI 等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等) の生産のフローチャートが示されている。図 17 に示されるように、まず、ステップ 201 (設計ステップ) において、デバイスの機能設計 (例えば、半導体デバイスの回路設計等) を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ 202 (マスク製作ステップ) において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ 203 (ウエハ製造ステップ) において、シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

40

【0166】

次に、ステップ 204 (ウエハプロセスステップ) において、ステップ 201 ~ ステップ 203 で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ 205 (組立ステップ) において、ステップ 204 において処理されたウエハを用いてチップ化する。このステップ 20

50

5には、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程が含まれる。

【0167】

最後に、ステップ206（検査ステップ）において、ステップ205で作製されたデバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0168】

図18には、半導体デバイスの場合における、上記ステップ204の詳細なフロー例が示されている。図18において、ステップ211（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ212（CVDステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ213（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ214（イオン打込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ211～ステップ214のそれぞれは、ウエハプロセスの各段階の前工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【0169】

ウエハプロセスの各段階において、前工程が終了すると、以下のようにして後工程が実行される。この後工程では、まず、ステップ215（レジスト処理ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布し、引き続き、ステップ216（露光ステップ）において、上記で説明した走査型露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。次に、ステップ217（現像ステップ）においては露光されたウエハを現像し、引き続き、ステップ218（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ219（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0170】

これらの前工程と後工程とを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0171】

以上のようにして、精度良く微細なパターンが形成されたデバイスが、高い量産性で製造される。

【0172】

なお、上記の実施形態においては、反射面7XS、7YSの形状計測において、形状計測対象の反射面にその反射面が延びる方向に配列された2光束を照射して形状計測を行ったが、形状計測対象の反射面にその反射面が延びる方向に配列された3光束を照射することにより、特開平9-210648号公報に開示の面形状の計測方法を使用して反射面の1次元形状計測を行うことも可能である。

【0173】

かかる形状計測を反射面7XSの場合を例として説明すると、上記の実施形態において1次元形状計測に使用した2本のレーザビームLWX1、LWX2に加えて、反射面のチルト量の測定用のレーザ干渉計13XPから射出された2本のレーザビームの内、レーザビームLWX1、LWX2と同一Z位置ZW1のレーザビームLWXP1を形状計測用に反射面に照射する。なお、レーザビームLWXP2については、図19及び図20に示されるように、光路上の所定位置に反射鏡41を配置する。また、反射面に照射される3本のレーザビームLWXP1、LWX1、LWX2の配列間隔（図2のL11、L12）が互いに異なるように設定される。

【0174】

そして、Z位置ZW1における1次元形状計測にあたっては、前述したレーザビームLWX1、LWX2と同様に、図19に示されるようにレーザビームLWXP1の光路上から光路変更装置40の可動ミラー410を退避した状態で、上記の配列間隔の差ずつ基板テーブル4をY軸方向に移動する毎に、レーザ干渉計13X1、13X2、13XPからの出力値を収集して、反射面7XSのZ軸回りの局所的な回転量を計測するとともに、上記

10

20

30

40

50

の実施形態と同様にして基板テーブル4のZ軸回りの回転量を計測する。また、Z位置ZW2における1次元形状計測にあたっては、前述したレーザビームLWX1、LWX2と同様に、図20に示されるように、レーザビームLWXP1の光路上に光路変更装置40の可動ミラー410を配置した状態で、Z位置ZW1のときと同様の計測を行う。

【0175】

以上の3光束による形状計測によれば、精度良く反射面の形状計測ができる。更に、4以上の光束によって1次元形状計測を行ってもよい。

【0176】

また、2次元位置検出用のレーザ干渉計と上述した光路変更装置とを用いて、2次元位置検出用のレーザビームを反射面のZ位置ZW1、ZW2に照射する2条件にてウエハを2回露光を行い、ウエハ上におけるパターン転写位置の位置ズレ誤差を検出したり、基準ウエハのマークを離散的に検出することにより、反射面の形状のZ位置による差を検出することができる。その上で、上述の1次元形状計測を1つのZ位置について行うことで、1つの1次元形状情報と差情報とが得られるので、これらを記憶装置に記憶してもよい。なお、この1つの1次元形状情報と差情報とを記憶する方法を、上記の実施形態に適用することは勿論である。

【0177】

また、上記の実施形態においては、反射面の形状計測のために、反射面の2つのZ位置における1次元形状を計測したが、3つ以上のZ位置における1次元形状を計測してもよい。1次元形状計測を行うZ位置が多いほど、反射面の形状が精度良く計測される。

【0178】

3つのZ位置における1次元形状を計測する場合には、上述した光路変更装置40にその可動ミラー410（可動ミラー支持部材411及び駆動装置413等を含む）とほぼ同様の構成の他の可動ミラーを設けることにより対応することができる。すなわち、上述した光路変更装置40の可動ミラー410が前記反射位置にあるときの該可動ミラー410と固定ミラー420との間に当該他の可動ミラーを配置する。そして、当該他の可動ミラーを、該可動ミラー410による反射光束の光路中に挿入配置して該反射光束を形状測定対象としての反射面に向けて反射する反射位置と、当該光路外に退避させて該可動ミラー410による反射光束をそのまま固定ミラー420に進行させる退避位置に選択的に設定できるようにする。4つ以上のZ位置における1次元形状を計測する場合には、当該他の可動ミラーと同様のさらに他の可動ミラーを追加することにより対応することができる。なお、上記他の可動ミラーを設ける代わりに、例えば固定ミラー420をZ方向に移動可能としてもよい。

【0179】

また、上記の実施形態においては、基板テーブルの側面に反射鏡を取り付けたが、基板テーブルの側面を鏡面加工して反射面を形成してもよい。

【0180】

また、上記の実施形態においては、チルト干渉計からのレーザ光束を反射面上のZ軸に沿って並んだ2点に照射しているが、Z位置が異なる2点であれば、その2点のX位置又はY位置が異なってもよい。

【0181】

また、上記の実施形態においては、基板テーブルのウエハ搭載面の形状を矩形状としたが、他の形状とすることができる。例えば、三角形とした場合には、図21に示されるように、基板テーブル4'の3側面に形成された反射面4'a、4'b、4'cのそれぞれに対向して、2次元位置検出用のレーザ干渉計13X11、13X12、13X21、13X22、13Y1、13Y2とチルト検出用のレーザ干渉計13P1、13P2、13YPを配置すればよい。

【0182】

なお、レーザ干渉計13X11、13X12及びレーザ干渉計13X21、13X22については、上記の実施形態のレーザ干渉計13X1、13X2と同様に構成すればよく、

10

20

30

40

50

また、レーザ干渉計 13XP1, 13XP2 については、上記の実施形態のレーザ干渉計 13XP と同様に構成すればよい。この場合、光路変更装置は、上述した光路変更装置 40 と同様の構成のものを、レーザ干渉計 13X11 と 13X12、レーザ干渉計 13X21 と 13X22、及びレーザ干渉計 13Y1 と 13Y2 についてそれぞれ、すなわち 3 組設ける。

【0183】

かかる場合における、例えば反射面 4' a の形状計測では、例えば基板テーブル 4' を Y 軸方向へ移動しつつ、レーザ干渉計 13Y1, 13Y2 によって基板テーブル 4' の Z 軸回りの回転量を測定するとほぼ同時に、レーザ干渉計 13X11, 13X12 によって反射面 4' a の Z 軸回りの局所的な回転量を測定する。これにより、上記の実施形態と同様にして、反射面 4' a の形状が計測される。なお、図 21 に示される三角形の基板ステージ 4' の場合には、3 側面全てに対向してレーザ干渉計を配置せず、互いに交差する 2 面についてレーザ干渉計を配置することも可能である。

10

【0184】

また、上記の実施形態においては、基板テーブル 4 に設けられた反射面 7XS, 7YS の形状を計測し、その形状情報を使用して基板テーブル 4 の位置制御を行ったが、レチクル微動ステージ 11 に設けられた反射面 21XS の形状を計測し、その形状情報を使用してレチクル微動ステージ 11 の位置制御を行うことも可能である。かかる場合には、図 22 に示されるように、上記の実施形態である図 11 に示されたレーザ干渉計 14X1, 14X2, 14M1, 14M2 に加えて、図 22 に示されるように、チルト検出用のレーザ干渉計 14XP を新たに配置する。この場合、光路変更装置は、上述した光路変更装置 40 と同様の構成のものを、レーザ干渉計 14X1 と 14X2 について 1 組設ける。そして、基板テーブル 4 の場合と同様にして、反射面 21XS の形状を計測し、その形状情報を使用してレチクル微動ステージ 11 の位置制御を行えばよい。

20

【0185】

また、上記の実施形態においては、チルト検出用のレーザ干渉計の検出結果は、専らアップ誤差の補正のために使用されたが、ステージの X 軸回りの回転や Y 軸回りの回転の補正に使用することも可能である。

【0186】

また、レチクルステージ及びウエハステージの構成は、上記の実施形態に限られるものではなく、いかなる構成でもよい。すなわち、レチクルステージは粗微動構造でなくともよいし、また、ウエハステージは上記実施形態のようにステージを積み上げた構成や平面モータ等でなくともよい。

30

【0187】

また、上記の実施形態では、レーザ干渉計をゼーマン効果を利用したものとしたが、他の構成の干渉計であってもよい。また、ダブルパス方式ではなく、シングルパス方式であってもよい。

【0188】

また、前述の Z 位置 ZW1 における 2 次元位置検出値と Z 位置 ZW2 における 2 次元位置検出値と間のオフセットが無視することができるほど小さければ、反射面の形状計測のためには上記の実施形態におけるアライメントセンサを使用しなくともよい。すなわち、本発明の形状計測装置においては、アライメントセンサのような 2 次元位置検出装置は必須という訳ではない。また、上記実施形態の形状計測装置で 2 次元位置検出装置を用いる場合、2 次元位置検出装置はアライメントセンサ 26 に限られるものでなく他のアライメントセンサ、例えばレチクルアライメント系などを用いてもよい。

40

【0189】

さらに、上記実施形態の露光装置は、例えばそれぞれ独立に可動な 2 つのウエハステージを備えるダブルウエハステージ方式を採用してもよく、この場合には 2 つのウエハステージでそれぞれ各反射面の形状計測が行われることになる。このとき、投影光学系 PL を介してレチクル R のパターンが転写される露光位置に各ウエハステージを配置して、上記実

50

施形態と全く同様の動作で各反射面の形状を計測してもよいし、その露光位置におけるウエハの露光動作と並行して、アライメントセンサ26によるウエハのアライメントマークやウエハステージの基準マークの位置計測が行われる計測位置で各ウエハステージの反射面の形状を計測してもよい。特に後者では、露光位置でウエハ（基板テーブル）の位置計測を行なう露光用干渉計システム（図2の干渉計13X1, 13X2, 13XP, 13Y1, 13Y2, 13YPに相当）に前述の光路変更装置40を設けず、計測位置でウエハ（基板テーブル）の位置計測を行う計測用干渉計システムのみで光路変更装置40を設けるだけでもよい。なお、計測用干渉計システムは露光用干渉計システムと同一構成、あるいは前述の形状計測に必要な複数の測長軸（干渉計）を備えたものであることが好ましい。

10

【0190】

上記の実施形態では、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置について説明したが、ステージ（ひいてはステージに搭載された試料）の位置制御にあたって、ステージに設けられた反射面の形状を計測し、その形状情報を用いて位置制御を行う各種の露光装置に適用が可能である。例えば、紫外線を光源にする縮小投影露光装置、波長10nm前後の軟X線を光源にする縮小投影露光装置、波長1nm前後を光源にするX線露光装置、EB（電子ビーム）やイオンビームによる露光装置などあらゆるウエハ露光装置、液晶露光装置等に適用できる。また、ステップ・アンド・リピート機、ステップ・アンド・スキャン機、ステップ・アンド・スティッチング機を問わず、適用が可能である。

【0191】

また、露光装置のステージ装置に限定されることもなく、ステージの位置制御にあたって、ステージに設けられた反射面の形状を計測し、その形状情報を用いて位置制御を行う各種の装置のステージ装置にも適用することができる。例えば、上記の実施形態における前記形状計測装置と前記ウエハステージ装置とに対応する構成要素によってステージ装置を構成することにより、基板テーブルに相当する試料テーブルの位置制御を、上記の実施形態における基板テーブルの位置制御と同様に行うことができる。

20

【0192】

なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々に改変することができることは言うまでもない。

【0193】

【発明の効果】

本発明によると、ステージ等の移動体に設けられた反射面を高精度で計測できるようになるので、当該ステージ等の位置の制御を精度良く行うことができるようになり、ひいては高品質で高精度なデバイス等を製造することができるようになるという効果がある。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】一実施形態の露光装置の概略的な構成図である。

【図2】基板テーブルの構成、及び基板テーブルの位置検出のためのレーザ干渉計の配置を説明するための図である。

【図3】基板テーブルの2次元位置を検出するためのレーザ干渉計の概略的な構成図である。

40

【図4】図3のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

【図5】図3のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

【図6】図3のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

【図7】反射面のチルト情報を検出するためのレーザ干渉計の概略的な構成図である。

【図8】図7のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

【図9】図7のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

【図10】図7のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

【図11】レチクル微動ステージの構成、及びレチクル微動ステージの位置検出のためのレーザ干渉計の配置を説明するための図である。

【図12】1次元形状計測時における基板テーブルの移動及び基準マークを説明するため

50

の図である。

【図 1 3】 1 次元形状計測時のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

【図 1 4】 1 次元形状計測時のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

【図 1 5】 基準マーク位置測定による補正前における反射面の形状計測結果を説明するための図である。

【図 1 6】 基準マーク位置測定による補正後における反射面の形状計測結果を説明するための図である。

【図 1 7】 図 1 に示された露光装置を用いたデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 1 8】 図 1 7 のウエハプロセスステップ（ステップ 2 0 4）における処理のフローチャートである。 10

【図 1 9】 1 次元形状計測の変形例の場合のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

【図 2 0】 1 次元形状計測の変形例の場合のレーザ干渉計における光路を説明するための図である。

【図 2 1】 ステージの形状が三角形の変形例を説明するための図である。

【図 2 2】 レチクルステージにおいて反射面の形状計測を行う変形例を説明するための図である。

【図 2 3】 回動方式の光路変更装置の構成を示す図であり、（A）は光路を変更する場合の側断面図、（B）は光路を変更する場合の正面図である。 20

【図 2 4】 回動方式の光路変更装置の構成を示す図であり、（A）は光路を変更しない場合の側断面図、（B）は光路を変更しない場合の正面図である。

【図 2 5】 固定ミラー支持部材の構成を示す平面図である。

【図 2 6】 スライド方式の光路変更装置の構成を示す図であり、（A）は光路を変更する場合の側断面図、（B）は光路を変更しない場合の側断面図である。

【符号の説明】

4 … 基板テーブル（移動体）

7 X S, 7 Y S … 反射面

1 1 … レチクル微動ステージ

1 3 X 1, 1 3 X 2 … レーザ干渉計 30

1 3 Y 1, 1 3 Y 2 … レーザ干渉計

1 3 X P, 1 3 Y P … レーザ干渉計

2 2 … 主制御系

2 4 … ウエハ駆動装置

2 6 … アライメントセンサ

2 8, 2 9 … 多点フォーカス位置検出系

4 0 … 光路変更装置

4 1 0 … 可動ミラー（第 1 ミラー）

4 1 1 … 可動ミラー支持部材（挿抜装置）

4 1 2 … 支持軸 40

4 1 3 … 駆動装置（挿抜装置）

4 2 0 … 固定ミラー（第 2 ミラー）

4 2 1 … 固定ミラー支持部材

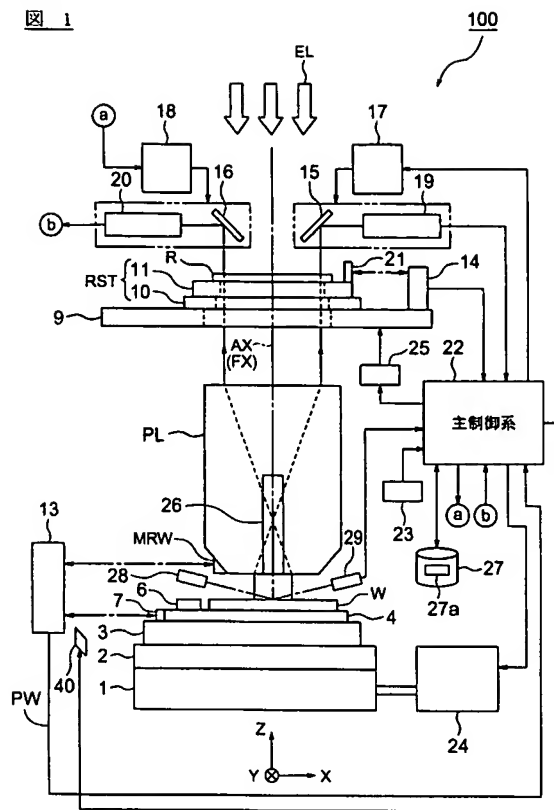
R … レチクル（マスク）

W … ウエハ（基板）

P L … 投影光学系

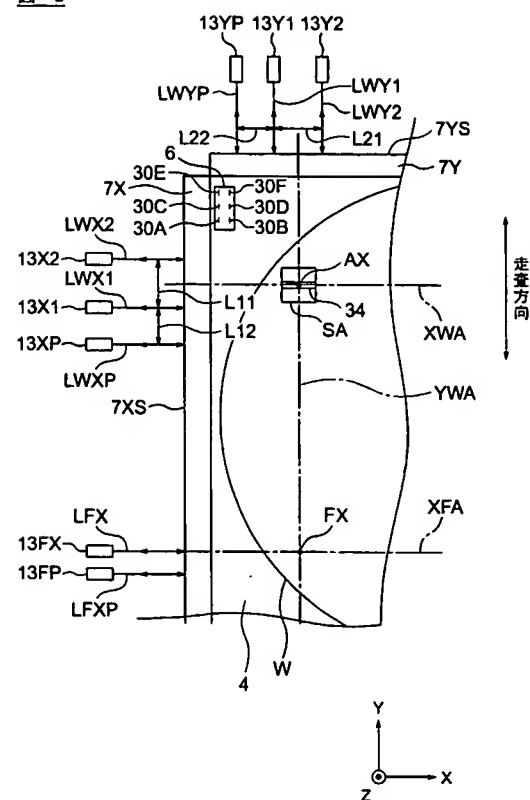
【図 1】

図 1



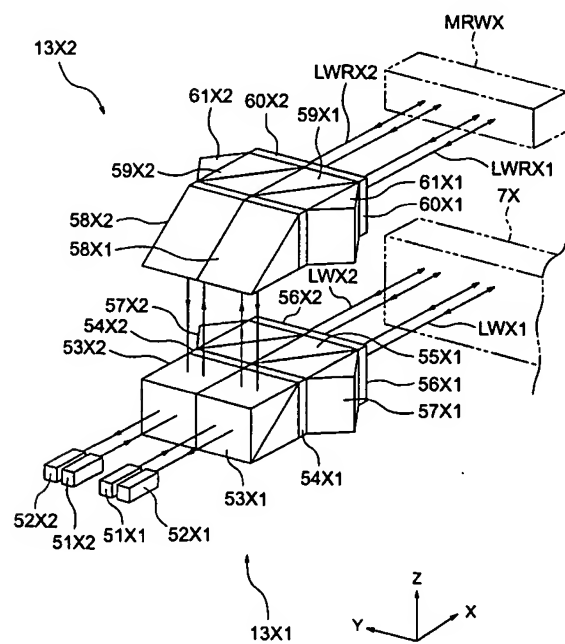
【図 2】

図 2



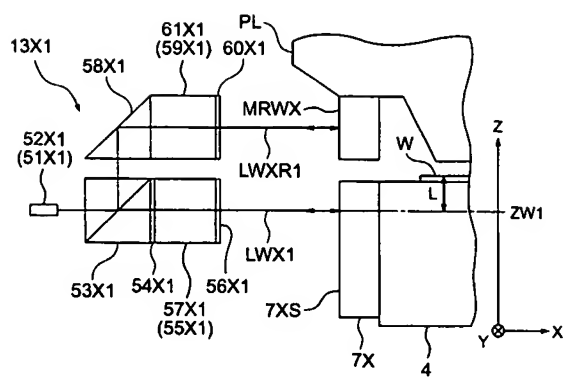
【図 3】

図 3



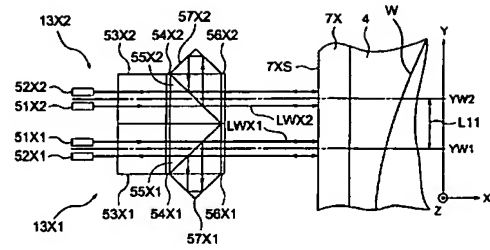
【図 4】

図 4



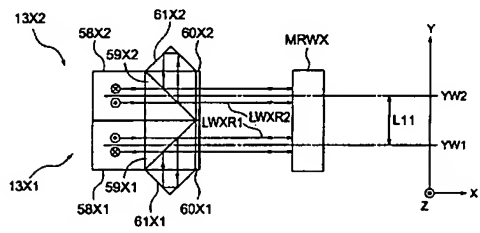
【図 5】

図 5



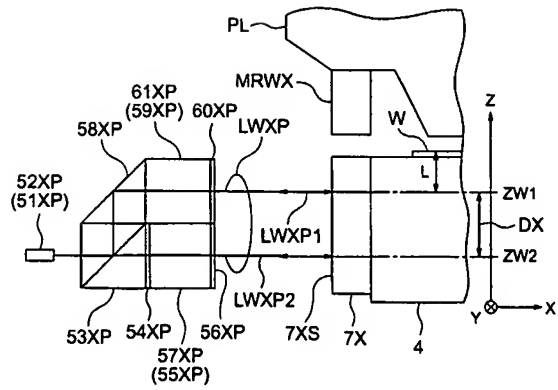
【図 6】

図 6



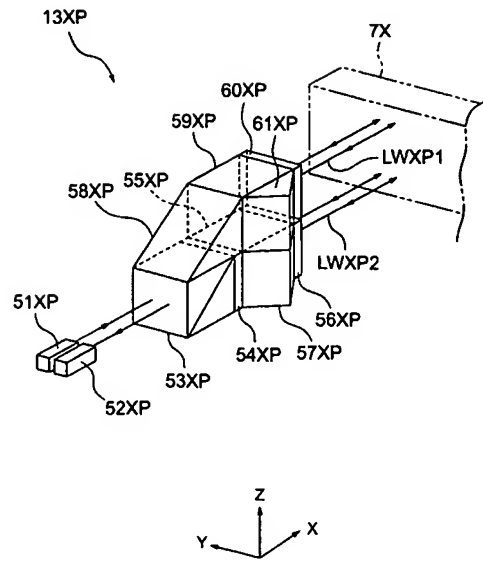
【図 8】

図 8



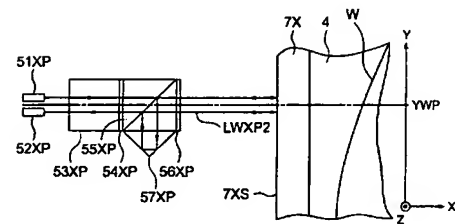
【図 7】

図 7



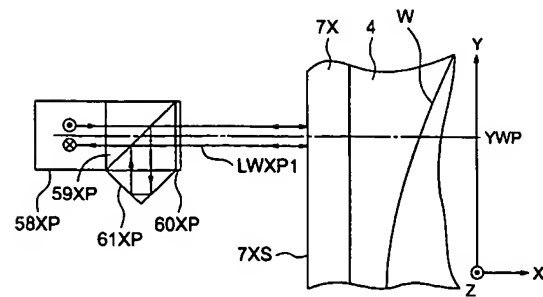
【図 9】

図 9



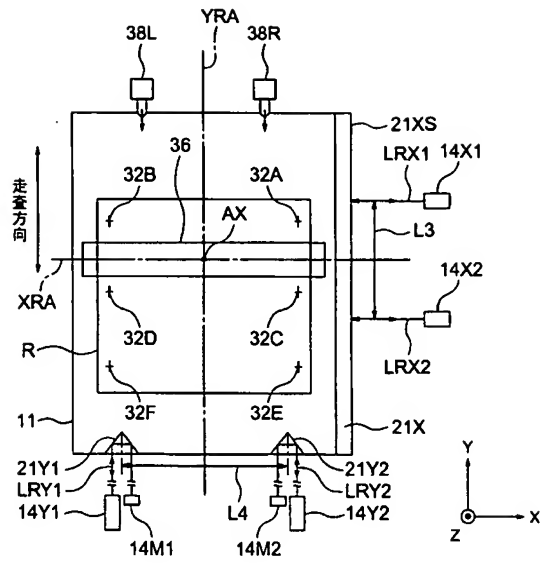
【図 10】

図 10



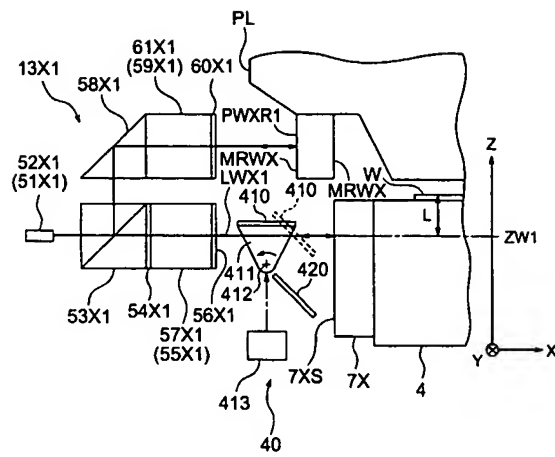
【図 1 1】

図 11



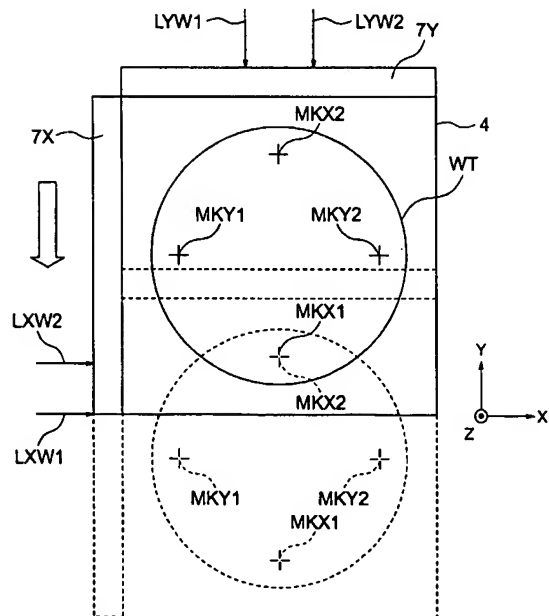
【図 1 2】

図 12



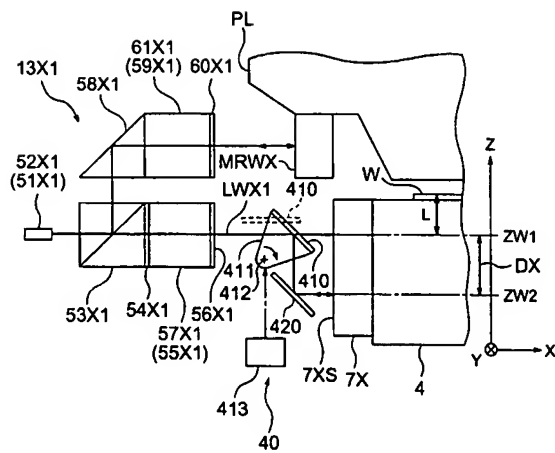
【図 1 3】

図 13



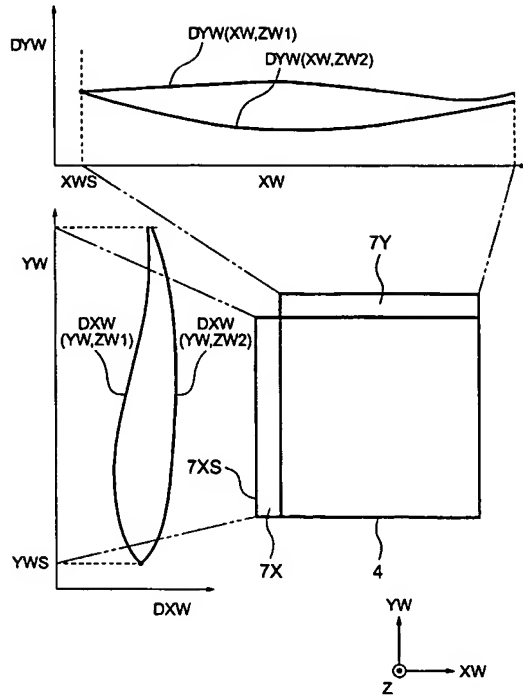
【図 1 4】

図 14



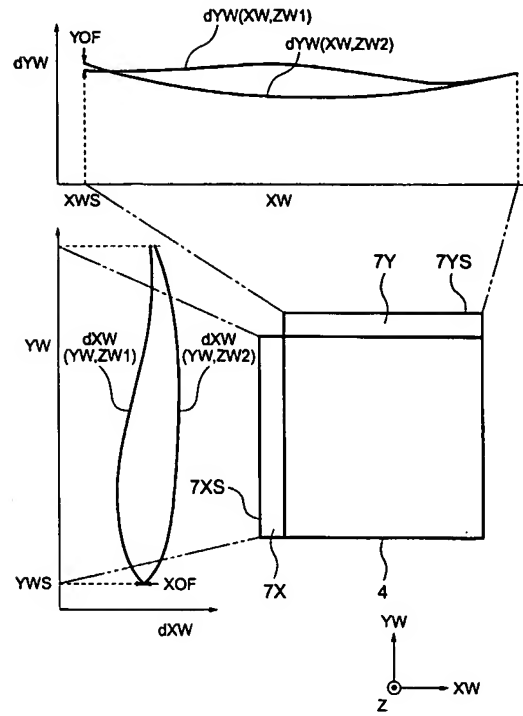
【図 15】

図 15



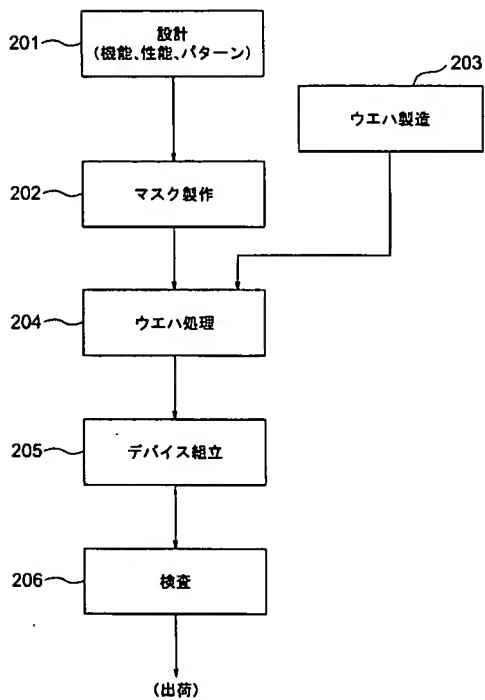
【図 16】

図 16



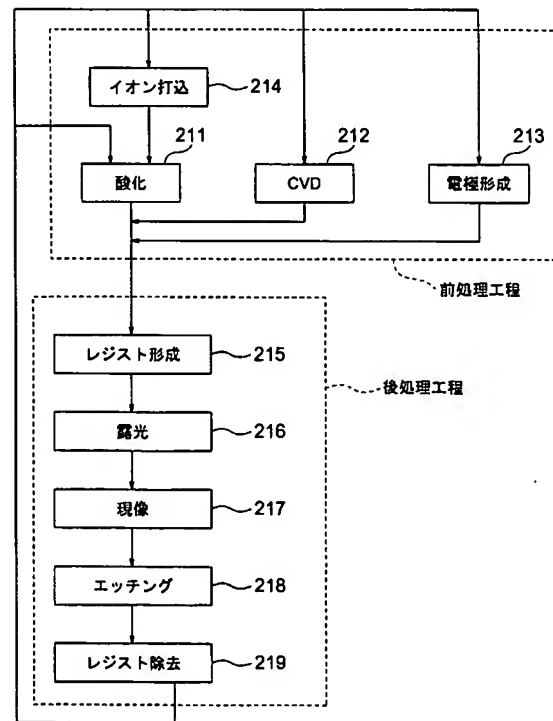
【図 17】

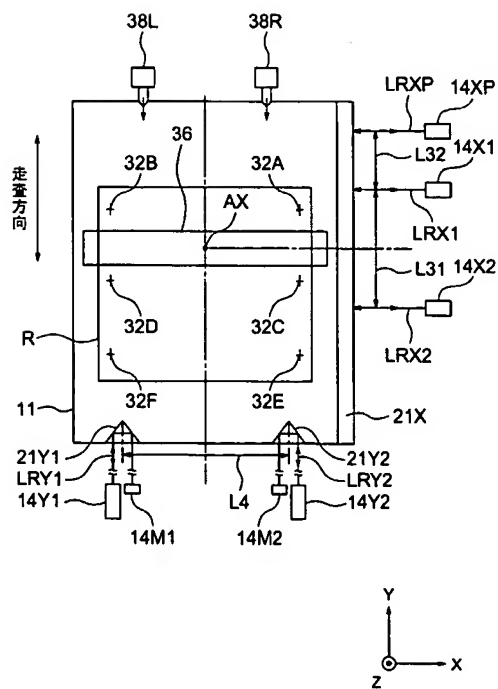
図 17



【図 18】

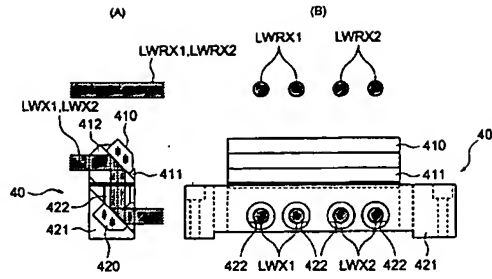
図 18





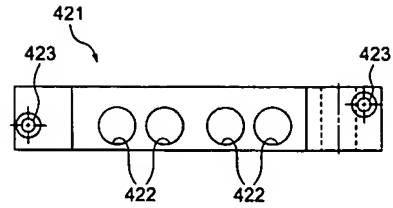
【 2 3 】

23



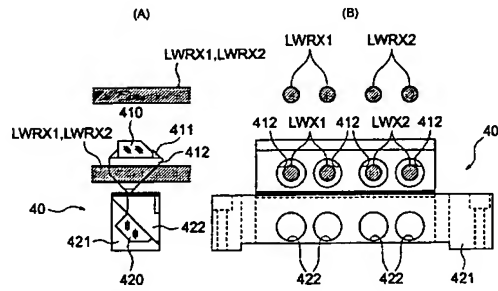
【 2 5 】

25



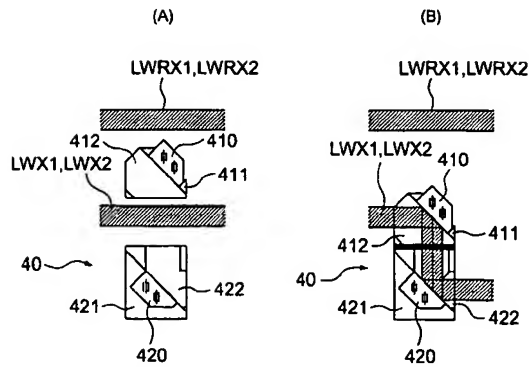
【 2 4 】

24



【 2 6 】

26



フロントページの続き

F ターム(参考) 2F065 AA06 AA19 AA31 BB02 BB25 CC17 CC21 DD04 FF55 GG05
GG23 HH04 LL12 LL17 LL33 LL34 LL35 LL36 LL37 PP12
QQ25 QQ27 UU07
5F046 BA05 CC01 CC02 CC03 CC16 DA06 DA07 DB05 DB11 DC04
DC10